प्रकाश बत्ती का रासायनिक इतिहास

प्रकाश बत्ती का रासायनिक इतिहास

भूमिका एवम् व्याख्यात्मक टिप्पणियों सहित

नरेन्द्र के सहगल
सुबोध महन्ती

हिंदी रूपांतर

प्रेम सागर

विज्ञान प्रसार

प्रकाशक

विज्ञान प्रसार

C-24, कुतुब इंस्टिट्युशनल एरिया, नई दिल्ली-110 016

फोन : 6864022, 6864157, 6967532

फैक्स : 6965986

ई-मेल : vigyan@hub.nic.in
vigyanp@giasdl01.vsnl.net.in

इंटरनेट: http://www.vigyanprasar.com

© सभी अधिकार सुरक्षित

प्रकाश बत्ती का रासायनिक इतिहास

Hindi version of Chemical History of a Candle by Michael Faraday

हिंदी रूपांतर :
प्रेम सागर

मुख-पृष्ठ सज्जा : संतोष शील

निर्माण नियंत्रण : सुमिता सेन

टाइप सेटिंग एवं पृष्ठ योजना : सोनू

आई एस बि एन : 81-7480-040-9

भारत मे न्यू युनाईटेड प्रोसेस, नारायणा, नई दिल्ली-28 द्वारा मुद्रित।

विषय सूची

लेखक के संबंध में vi
भूमिका xiii
प्राक्कथन xix

व्याख्यान-1.....1
प्रकाश बत्ती लौ इसके स्रोत-रचना-गातिशीलता और चमक।

व्याख्यान-2.....25
प्रकाश बत्ती लौ की चमक ज्वलन में हवा की आवश्यकता जल का उत्पादन।

व्याख्यान-3.....45
उत्पाद : दहन से उत्पन्न पानी पानी की प्रकृति यौगिक हाइड्रोजन

व्याख्यान-4.....67
प्रकाश बत्ती में हाइड्रोजन ज्वलन से पानी का उत्पादन पानी का दूसरा भाग - ऑक्सीजन

व्याख्यान-5.....85
हवा की ऑक्सीजन वातावरण का स्वरूप इसके गुण प्रकाश बत्ती से उत्पन्न होने वाले अन्य पदार्थ कार्बोनिक अम्ल इसके गुण ।

व्याख्यान-6..... 109
कार्बन और कोयला-कोयले की गैस श्वसन तथा प्रकाश बत्ती के ज्वलन से इसकी समानता निष्कर्ष

व्याख्यात्मक टिप्पणियां.....132

लेखक के संबन्ध में

फैराडे के सम्बन्ध में बहुत कुछ लिखा जा चुका है, आगे भी लिखा जायेगा, और इसे रुचिपूर्वक पढ़ा भी जायेगा। यह केवल उनकी वैज्ञानिक खोजों के महत्व तथा उन पर ऐतिहासिक सामग्री की प्रचुर उपलब्धता के कारण ही नहीं, बल्कि इसलिये भी कि उनका जीवन ऐसी आदर्शवादिता और विलक्षण योग्यताओं से भरपूर था, जिन्होंने उन्हें अति दरिद्रता की अवस्था से समृद्धि की ओर अग्रसर किया। उनके जीवन के ये गुण सदा उन व्यक्तियों को प्रेरणा देते रहेंगे, जिनमें वैज्ञानिक लगन तो है, किन्तु समुचित अवसरों तथा औपचारिक शिक्षा का अभाव है।

जार्ज पोर्टर,एफ0 आर0 एस0 ने उपरोक्त विचार डेविड गुडिलंग और फ्रैंक ए0 जे0 एल0 जेम्स द्वारा सम्पादित 'फैराडे एक पुर्नवलोकन: फैराडे के जीवन और कार्य पर निबंध' {'फैराडे रीडिस्कवर्ड : एसेज़ ऑन दि लाइफ एन्ड वर्क ऑफ फैराडे'(1791-1807) नामक पुस्तक की प्रस्तावना में व्यक्त किया है। यह इस तथ्य की एकदम सही विवेचना है कि फैराडे के जीवन और कार्य ने अनेक को किसलिए आकर्षित किया।

माइकेल फैराडे का जन्म 22 सितम्बर 1791 को लन्दन के एक निर्धन परिवार में हुआ था।इनके बचपन के विषय में अधिक जानकारी उपलब्ध नहीं है। इनके पिता लोहार थे जो काम की खोज में यह लन्दन आये। इनकी आय परिवार की आधार-भूत आवश्यकताओं की पूर्ति के लिये भी पर्याप्त नही थी। अत: अपने बचपन से ही फैराडे को परिवार की आय बढ़ाने के उपायों पर विचार करना पड़ा। जब वह केवल तेरह वर्ष के

थे, उन्होंने लन्दन में श्री जार्ज रीबू नामक एक फ्रांसीसी प्रवासी के लिए समाचार पत्र वितरित करने का काम आरम्भ कर दिया। समाचार पत्र वितरित करने के अतिरिक्त रीबू पुरानी किताबों में जिल्द बंधवा कर उनके पुनर्विक्रय का कार्य भी करते थे। रीबू एक दयालु व्यक्ति थे। एक वर्ष बाद उन्होंने फैराडे को जिल्द बांधना सीखने के लिये वैतनिक शिक्षार्थी का काम दे दिया। इससे फैराडे उन पुस्तकों के निकट सम्पर्क में आये, जो वहां जिल्द बांधने के लिए अथवा पुनर्विक्रय के लिए जमा थीं। इसके अतिरिक्त इससे फैराडे को जिल्द बांधने के काम से संबंधित औजारों के उपयोग में दक्षता प्राप्त करने का अवसर प्राप्त हुआ। बाद में यही दक्षता वैज्ञानिक उपकरणों की परिकल्पना तथा उनके कुशल उपयोग में बहुत काम आई। आरम्भ में उनका पठन चयन-रहित और निश्चित उद्देश्यविहीन था। शायद यह स्वाभाविक था, क्योंकि फैराडे को कोई औपचारिक स्कूली शिक्षा नहीं मिली थी। तेरह वर्ष की अवस्था से पूर्व वह किसी स्कूल में नहीं पढ़े थे और यह पढ़ाई आरम्भिक पढ़ने लिखने और साधारण अंक गणित की जानकारी तक ही सीमित थी।

अपने पठन के क्रम में एक दिन उन्हें रीबू की दुकान में जिल्द बंधनेआई 'एनसाइक्लोपीडिया ब्रिटेनिका' में जेम्स टाइटलर का विद्युत पर एक लेख पढ़ने को मिला। इसे पढ़कर विद्युत विज्ञान में फैराडे की गहरी रुचि जागृत हुई। उन्होंने न केवल इसके विभिन्न पहलुओं का गहन अध्ययन आरम्भ कर दिया, बल्कि उन्होंने टाइटलर के लेख में उल्लेखित तथ्यों के परीक्षण के लिये एक पुरानी बोतल और कुछ अन्य ऐसी सामग्री की सहायता से जो उन्हें सरलता से उपलब्ध हो सकी, एक स्थिर-विद्युत-उत्पादक निर्मित किया। शायद इस लेख ने फैराडे के विचारों को बहुत अधिक प्रभावित किया।

इस लेख में टाइटलर ने यह परिकल्पना प्रस्तुत की थी कि विद्युत, अंतराल में पदार्थ कणों का प्रवाह न हो कर, एक प्रकार का कम्पन है। उसने यह सोचा था कि विद्युत के समस्त प्रभावों को इसे एक विशेष प्रकार का द्रव मानकर, उसकी विभिन्न प्रकार की गतिविधियों के आधार पर समझा जा सकता है। टाइटलर ने विद्युत के संबंध में अपनी यह विलक्षण परिकल्पनायें प्रस्तुत कर, पुरानी मान्यताओ को ध्वस्त कर दिया। टाइटलर के इस लेख ने फैराडे को समकालीन विद्युत-संबंधी मान्यताओं के प्रति संशयात्मक बना दिया और विवादास्पद सम्मतियों के विषय में अपना दृष्टिकोण खुला रखने के लिए प्रेरित किया। हम ठीक से यह नहीं कह सकते कि फैराडे टाइटलर के इस लेख से कहां तक प्रभावित हुए, लेकिन यह जानते हैं कि उन्होंने अपनी प्रयोगशाला-पुस्तिका में, जिसे वह सन् 1820 के बाद बराबर लिखते रहे, टाइटलर के लेख का उल्लेख बार-बार किया। इसमें संदेह नहीं कि टाइटलर का यह लेख फैराडे के वैज्ञानिक जीवन में एक महत्वपूर्ण मोड़ सिद्ध हुआ ; इसने फैराडे के अंदर गहरी वैज्ञानिक लगन पैदा की और उनके पठन को निश्चित दिशा प्रदान की।इसी दौरन उन्होंने 'रसायन शास्त्र पर वार्ता' (कनवरसेशन्स ऑन कैमिस्ट्री) नामक एक अन्य पुस्तक भी खोज निकाली। इसे श्रीमती जेन मारसेट नामक लेखिका ने लिखा था। उस समय के आम रासायनिक अध्ययनों से भिन्न, लेखिका ने इसमें नीरस रासायनिक तथ्यों के विस्तृत वर्णन की अपेक्षा, रासायनिक क्रियाओं के विद्युतीय, तापीय और प्रकाशीय पक्षों को समन्वित रूप से प्रस्तुत करने का प्रयास किया था। पुस्तक में वह इस बात पर बल देना चाहती थीं कि रसायन-शास्त्र में ही प्राकृतिक रहस्यों के उद्घाटन की कुंजी निहित है। इस पुस्तक ने फैराडे के अन्दर न केवल विशेष रासायनिक रुचि जागृत की, बल्कि उन्हें सर हम्फ्री डेवी के अनुसंधान कार्य से भी परिचित कराया।

उस युग में विज्ञान के माध्यम से जीविकार्जन सरल नहीं था और फैराडे के लिये तो यह निश्चित रूप से और भी कठिन था। लेकिन इस संसार में सब कुछ तर्क-संगत ही नहीं घटता। यदि ऐसा होता तो यह जीवन अत्यन्त नीरस हो जाता। सन 1810 में फैराडे 'सिटी फिलोसोफिकल सोसाइटी' नामक एक संस्था के सदस्यों के सम्पर्क में आये। इसके अध्यक्ष जॉन टैटम थे। इस संस्था के सदस्य सप्ताह में, एक बार जॉन टैटम के घर मिलकर, वैज्ञानिक विषयों पर चर्चा करते थे। प्राय: टैटम ही किसी विषय-विशेष पर व्याख्यान देते, और अन्य सब सदस्य संबंधित विचार-विमर्ष में भाग लेते। इससे फैराडे को वैज्ञानिक रुचि वाले व्यक्तियों से पारस्परिक अंतर्क्रिया का अवसर मिला। इसी समय कुछ अप्रत्याशित घटा। एक दिन श्री रीबू का एक ग्राहक उनके पास आया और बोला "श्री रीबू, मैं डेवी की व्याख्यान-माला सुनने जा रहा हूँ। मेरे पास इसका एक अतिरिक्त टिकट है, आप भी मेरे साथ आ सकते हैं।" रीबू ने उससे कहा कि स्वयं उसे वैज्ञानिक विषयों की अधिक जानकारी नहीं है। यह व्याख्यान उसके लिये रोचक नहीं होंगे, लेकिन फैराडे की विज्ञान में विशेष रुचि है। यदि वह चाहे तो उसे साथ ले जा सकता है। रीबू का ग्राहक इसके लिये तुरन्त तैयार हो गया। फैराडे डेवी के कार्य से पहले से ही परिचित थे। वह उनके इन व्याख्यानों को सुनने का अवसर पाकर अत्यन्त प्रसन्न हुए। उन्होंने न केवल ये व्याख्यान अत्यन्त ध्यान-पूर्वक सुने, बल्कि उनके विस्तृत नोट बनाये। बाद में उन्होंने उन्हें स्पष्ट हस्त-लिपि में लिखकर जिल्द बाँध ली।

फैराडे अब जिल्द बाँधने का काम छोड़कर, वैज्ञानिक जीविका में प्रवेश पाना चाहते थे। लेकिन इसका कोई मार्ग उनके पास नहीं था। अंतत: उन्होंने डेवी को पत्र लिखकर उनसे सहायता माँगने का निर्णय लिया। अपने पत्र के साथ उन्होंने डेवी के क्लोरीन संबंधी चार व्याख्यानों के नोटों की

जिल्दबंद प्रतिलिपि संलग्न कर दी। सन 1812 के दिसम्बर माह में क्रिसमस की पुर्व संध्या के दिन फैराडे को डेवी का एक पत्र मिला। इसमें उन्होंने लिखा "जो प्रमाण तुमने अपने आत्म-विश्वास और उद्देश्य-दृढ़निश्चयिता का दिया है, उससे मैं बहुत प्रसन्न हूँ । इसने तुम्हारी उत्साही रुचि, कुशाग्र स्मरणशक्ति और एकाग्रता भी सिद्ध की है। मैं कुछ समय के लिये लन्दन से बाहर जा रहा हूँ और जनवरी के अन्त से पहले वापस आकर व्यवस्थित ढंग से कार्य आरम्भ नहीं कर सकूंगा। इसके बाद किसी भी समय मै तुमसे मिलने को उत्सुक हूँ। तुम्हे कोई भी सहायता देने में मुझे प्रसन्नता होगी। मैं आशा करता हूं यह मेरे लिये सम्भव होगा। सन् 1813 जनवरी के लगभग अन्त में फैराडे डेवी से मिले। कुछ सप्ताह बाद डेवी अपनी प्रयोगशाला में हुए एक विस्फोट के कारण अस्थायी तौर पर अपनी दृष्टि खो बैठे। डेवी को ऐसे व्यक्ति की आवश्यकता पड़ी जो उन्हें प्रयोगशाला के नित्य कार्यों में सहायता दे सके। उन्होंने स्पष्ट हस्तलिपि वाले युवक फैराडे को बुलवा भेजा, जो विज्ञान की दुनिया में प्रवेश पाने के लिये उत्सुक बैठा था। स्पष्ट है कि डेवी फैराडे के कार्य से अत्यंत संतुष्ट हुऐ : अत: जब सन् 1813 के वसंत में उनकी प्रयोगशाला में एक प्रयोगशाला-सहायक का पद रिक्त हुआ, उन्होंने फैराडे को नियुक्त करने की पेशकश की। फैराडे तो ऐसे ही अवसर की खोज में थे, उन्होंने तुरन्त यह नियुक्ति स्वीकार कर ली। इस प्रकार फैराडे को उस समय के एक सर्वोत्तम, जाने-माने, रसायन शास्त्री से सीखने का अवसर मिला। डेवी फैराडे की उत्साही-निष्ठा और शोध-पटुता से अत्यन्त प्रभावित हुए और उन्होंने फैराडे के वैज्ञानिक जीवन के विकास में विशेष रुचि ली।

डेवी एक महान वैज्ञानिक थे और इस क्षेत्र में उनके योगदान अनेक थे। लेकिन शायद उनका सबसे बड़ा वैज्ञानिक योगदान फैराडे को विज्ञान के क्षेत्र में प्रवेश का अवसर देना

था। डेवी ने स्वयं यह माना। कहा जाता है कि एक बार किसी पत्रकार ने उनसे पूछा–"आपकी अपनी राय में आपकी सबसे महत्वपूर्ण खोज कौन सी है।" "यह माइकेल फैराडे हैं," उन्होंने तुरन्त उत्तर दिया।

फैराडे की विचारप्रतिक्रिया पर डेवी के अनुसंधान कार्यों की गहरी छाप पड़ी और इसने विद्युतीय रसायन-शास्त्र के विकास में महत्वपूर्ण योगदान दिया। अपने कार्य द्वारा डेवी को यह विश्वास हो गया कि समकालीन मान्यता कि विद्युत एक प्रकार का द्रव्य है, सही नहीं है। डेवी की अनेक खोजों ने यह सिद्ध कर दिया कि विद्युतीय शक्ति वास्तव में पदार्थ-कणों से ही जुड़ी है। इस नई संकल्पना ने फैराडे के समूचे अनुसंधान कार्य की दिशा निर्धारित की।

फैराडे का प्राथमिक अनुसंधान कार्य गैसों के द्रवीकरण पर था। सन् 1820 में फैराडे ने पहली बार क्लोरीन और कार्बन के यौगिक C_2Cl_6 और C_2Cl_4 बनाए। सन् 1825 में उसने बेन्जीन की खोज की। यह उनका पहला अत्यन्त महत्वपूर्ण वैज्ञानिक योगदान था। सन् 1832 में उन्होने विद्युत-विच्छेदन की क्रिया की खोज की और संबंधित नियंत्रक नियम प्रतिपादित किये। यह वह विशिष्ट गणितीय शिक्षा के अभाव में भी कर सके। जोसेफ हेनरी से अलग, फैराडे ने पहली बार स्वतंत्ररूप से विद्युतीय चुम्बक में भी अभिप्रेरणा-क्षमता प्रदार्शित की। इस सिद्धान्त के आधार पर, उन्होंने आरंभिक विद्युत-उत्पादक (जेनरेटर)तथा परिवर्तक (ट्रांसफार्मर) का आविष्कार किया। फैराडे के कार्य के महत्व पर डेविड गुडिलंग और फ्रैंक ए0जे0एल0 जेम्स की टिप्पणी बहुत सुन्दर है। उन्होंने लिखा है:" फैराडे अट्ठारहवी और उन्नीसवी सदी पर छाये रहे। ऐसे संसार में जन्म लेकर जिसमें प्रकाश को करिण्कामाय समझा जाता

था, यौवन में प्रवेश पाने तक उसने इसे ठोस ईथर में एक लहर के रूप में देख डाला। उन्होंने स्वयं ईथर विहीन विद्युत-चुम्बकीय ऊर्जा की संकल्पना की नींव डाली। उस दुनिया में जन्म लेकर जिसमें चुम्बकीय गुण केवल कुछ धातुओं तक ही सीमित समझा जाता था, उन्होंने इसे सर्वविद्यमान प्रतिभास (फिनामिनन) के रूप में देखा जिसमें विद्युत को, जो जन-साधारण के लिये चमत्कारी द्रव्य-मात्र थी, एक ऐसी जनोपयोगी संकल्पना का स्वरूप दिया जिसकी गणितीय विवेचना मैक्सवेल कर पाये। आज यह कल्पना भी कठिन है कि फैराडे की खोजों के प्रौद्योगिक उपयोगों के अभाव में जीवन कैसा होता।

भूमिका

जब किसी पुरानी पुस्तक के पुनर्प्रकाशन के संबंध में विचार किया जाता है, तो अनेक प्रकार के प्रश्न उठते हैं: आखिर यह पुस्तक इतने लम्बे समय तक अनछपी क्यों रही? इस पुस्तक में आखिर ऐसी क्या विशिष्टता है? इन प्रश्नों का उत्तर अपनी-अपनी समझ पर निर्भर कर सकता है, लेकिन कुछ पुरानी चिर-प्रतिष्ठित पुस्तकों के सम्बन्ध में ऐसे प्रश्नों का उत्तर सदा अत्यन्त स्पष्ट होता है। प्रस्तुत पुस्तक इसी श्रेणी में आती है। इसके पुनर्प्रकाशन की उपयोगिता के संबंध में हमारे विवेकी पाठकों में किसी मतभेद की सम्भावना नहीं है। पुस्तकों को व्यक्तिगत संतुष्टि का माध्यम मानने का दृष्टिकोण निरन्तर बढ़ रहा है। इसका तात्पर्य हुआ कि जिस पुस्तक से यह प्राप्त न हो, वह अनपढ़ी रह सकती है। प्रायोगिक विज्ञान के पिता फ्रैन्सिस बेकन (1561-1626) ने कहा था-"मैं सम्पूर्ण ज्ञान को ही अपना क्षेत्र मानता हूँ। पठन मनुष्य को सम्पूर्ण, विचार-विमर्श निपुण, और लेखन सही एवं स्पष्ट बनाता है। उसने यह सम्मति भी दी थी कि पठन का उद्देश्य विरोधात्मक या खंडनात्मक नहीं होना चाहिये, यह हर (पढ़ी हुई) बात पर विश्वास कर लेना या पांडित्यपूर्ण प्रवचन भी नहीं होना चाहिये। पढ़कर हमें सदा परखना और मनन करना चाहिये।

आज शायद अनेक व्यक्ति बेकन के उपरोक्त कथन का महत्व नहीं समझेंगे, क्योंकि किसी पुस्तक के 'उपयोग' के बाद उसकी विषय-वस्तु पर गहन विचार में उनकी कोई रुचि नहीं होती। सौभाग्य से यह बात सब पाठकों पर लागू नहीं होती, अन्यथा निरन्तर जलने वाला ज्ञान-दीपक कभी का बुझ गया

होता। ऐसे गंभीर पाठक भी हैं जो परखते और मनन करते हैं। इन पाठकों में और उन पुस्तकों में जिनका अध्ययन वह करते हैं सदा एक सृजनात्मक अंतर्क्रिया होती है। उदाहरणत:, ई0 श्रोडिन्जर (जिसने क्वान्टम बल-विज्ञान की नींव रखी) की पुस्तक 'जीवन क्या है?', ने अनेक भौतिक-विज्ञानियों को जीवविज्ञान के क्षेत्र में प्रवेश कर, इसमें नई क्रान्ति के सूत्रपात की प्रेरणा दी। इसी प्रकार टामस राबर्ट मालथर की पुस्तक 'जनसंख्या पर निबंध' (ऐसेज ऑन पापुलेशन) ने चार्ल्स रॉबर्ट डारविन के जीवन उत्सर्जन संबंधी विचारों के विकास में महत्वपूर्ण योगदान दिया और 'प्रजातियों की उत्पत्ति' (ओरिजिन ऑफ स्पीसीज) नामक एक चिर-प्रतिष्ठित पुस्तक का स्रोत बनी। 'भूगर्भ विज्ञान के सिद्धान्त ' ('प्रिन्सिपिल्स ऑफ जिओलोजी'), आईजेक न्यूटन की 'प्रिंसिपिया' और 'प्रकाशिकी'(ऑप्टिक्स) तथा अदम स्मिथ की 'राष्ट्रों की सम्पदा' (वेल्थ ऑफ नेशन्स) ने पीढ़ी दर पीढ़ी विचारकों को प्रेरणा दी और मनुष्य तथा प्रकृति-सम्बन्धी ज्ञान में क्रान्तिकारी परिवर्तनों को जन्म दिया। लेकिन इस श्रेणी की पुस्तकें आम पुस्तकों की तुलना में बहुत कम हैं। पुस्तकों का पठन, पाठक को महान विचारकों के मस्तिष्कों में झाँकने का तथा मानव ज्ञान के विकास की जटिल प्रक्रिया को समझने का अवसर प्रदान करता है। महान विचारकों द्वारा लिखी गई पुस्तकें मानवीय ज्ञान के सातत्य, और परम्परा को बनाये रखने का कार्य भी करती हैं। इस प्रकार आने वाली पिढ़ियाँ, पूर्वजों द्वारा अर्जित ज्ञान को और आगे बढ़ाने की आशा कर सकती हैं। ऐसे मौखिक तथा लिखित संचारण से हमारी दृष्टि की वातावरण से आवश्यक पुनर्निवेशन ग्रहण करने की क्षमता विकसित होती है। अवलोकनों, व्याख्याओं, शंकाओं, पुष्टियों तथा ज्ञान और बुद्धिमत्ता की प्रगति का संचारण, वैज्ञानिक क्रियाशीलता का अंतरंग अंग है।

अच्छी एवं सामान्य आय-सीमाओं के अंदर प्राप्य पुस्तकों की संख्या निरन्तर घट रही है। विगत कुछ वर्षों में बहुत कम अच्छी पुस्तकें प्रकाशित हुई हैं और बीते हुए समय की अच्छी पुस्तकें अब प्राप्य नहीं है। वर्तमान शिक्षण व्यवस्था में, शिक्षक प्राय: अच्छी अनुपूरक पुस्तकों के अध्ययन की संस्तुति आवश्यक नहीं समझते। वास्तव में शिक्षक प्राय: स्वयं ऐसी पुस्तकों से अनभिज्ञ होते है, अत: अध्ययन में रुचि रखने वाले विद्यार्थियों को भी इनकी जानकारी नहीं मिल पाती। उदाहरणत: पक्षियों में रुचि रखने वाले व्यक्तियों के लिये भारतीय पक्षियों पर सलीम अली की पुस्तक का अध्ययन अति आवश्यक है। आज प्राय: हर विषय पर पुस्तकें उपलब्ध हैं: मकड़ियों पर, मधुमक्खियों पर, साँपों पर मछलियों पर तथा अन्य जन्तुओं पर। खिलौनों पर, चित्रकारिता पर, मनुष्यों तथा उनकी व्यावहारिक विशेषताओं पर, नदियों और पर्वतों आदि पर भी पुस्तकें उपलब्ध हैं। कुछ पुस्तकों ने हमारे सौन्दर्य बोध को प्रभावित किया है, कुछ ने ऐतिहासिक ज्ञान में गहरी अंतर्दृष्टि प्रदान की है, कुछ हमें अपने वातावरण के संबंध में शिक्षित करती हैं, कुछ चाँद-सितारों के विषय में हैं, कुछ प्राकृतिक शक्तियों द्वारा ब्रम्हांड संचालन की व्याख्या प्रस्तुत करती हैं और कुछ अनुसंधान के नये साधन उपलब्ध कराती हैं। अत: 'सम्पूर्ण' मनुष्य बनने के लिये हमें विविध प्रकार की पुस्तकों का अध्ययन करना आवश्यक है।

लेकिन आखिर कोई कितनी पुस्तकें पढ़ सकता है? बेकन ने इसका उत्तर दिया है, कुछ पुस्तकों को केवल चख लेना, लेकिन कुछ का चबा-चबाकर पाचन आवश्यक है अर्थात कुछ पुस्तकों का सरसरी तौर पर पढ़ लेना ही पर्याप्त है, कुछ अन्य को पढ़ना चाहिये लेकिन विशेष जिज्ञासापूर्वक पढ़ना आवश्यक नहीं है। केवल कुछ ही पुस्तकें ऐसी होती है जिनका पूर्णरूपेण विशेष परिश्रम एवं ध्यान-पूर्वक गहन अध्ययन आवश्यक

हैं।

अच्छी पुस्तक की पहचान कैसे हो? अच्छे शिक्षक की भाँति अच्छी पुस्तक का मुख्य उद्देश्य पाठक को पुस्तक तक ही सीमित न रख कर, नव-प्रवर्तन की प्रेरणा होना चाहिये, इसे विषय की गहनता को तथा इसके प्रति लगाव की भावना जागृत करना चाहिये। कहा गया है कि साधारण शिक्षक केवल शिक्षा देता है, उत्तम शिक्षक व्याख्यात्मक, अतिउत्तम शिक्षक निदर्शनात्मक, तथा सर्वोत्तम शिक्षक प्रेरणादायक होता है। यही बात पुस्तकों पर भी लागू होती है।

विज्ञान मनुष्य तथा उसके वातावरण का सुव्यवस्थित अध्ययन है। प्राय: प्रतिदिन हमारा सामना अनेक प्राकृतिक अथवा मानवीय कारणों से घटित घटनाओं से होता है। मानवीय ज्ञान की समस्त उपलब्धियों का आधार प्राकृतिक घटना-क्रियाओं का क्रमबद्ध अध्ययन है। दूसरे शब्दों में हमने जो भी सीखा है प्रकृति से ही सीखा है लेकिन हम प्रकृति से संचारण कैसे करें? क्या हम प्रकृति से सीधा वार्तालाप कर सकते हैं? स्पष्ट है कि यह संभव नहीं है। अनेक तथ्य जिन्हें हम जानना चाहते हैं प्रकट दीखते नहीं बल्कि अप्रत्यक्ष होते है। विस्तृत एवं सतत अवलोकन (आब्जर्वेशन) तथा व्यापकीकरण से बहुत कुछ सीखा जा सकता है, लेकिन अप्रत्यक्ष तथ्यों को जानने के लिये हमे प्रकृति से विशिष्ट प्रश्न पूछने होते हैं उदाहरणत:, हम जिस हवा में साँस लेकर जीवित रहते है, उसमें क्या केवल एक ही तत्व है या वह अनेक पदार्थों का मिश्रण? यदि यह मिश्रण है तो इसका कौन सा अंश श्वसन में सहायक है। यदि यह प्रश्न हम मौखिक पूछें, तो हम किसी उत्तर की आशा नहीं कर सकते। फिर इसका उत्तर कैसे मिल सकता है? उत्तर पाने के लिये हमें कोई प्रयोग करना होगा, और सही उत्तर का मिलना इस प्रयोग की अभिकल्पना पर निर्भर करेगा। आज जब हम किसी प्रयोग की बात करते है तो हमारे सामने

जटिल यंत्रों एवं उपकरणों से भरी प्रयोगशाला का चित्र सामने आ जाता है, जिसमें अनेक वैज्ञानिक कहलाये जाने वाले 'विचित्र' व्यक्ति कार्यरत है। वास्तव में यह आवश्यक नहीं है। वैज्ञानिक शिक्षा के बिना भी, ऐसे प्रयोग किये जा सकते हैं जिनके द्वारा चिर-मायावी प्रकृति से अनेक प्रश्नों के उत्तर मिल सकते हैं। कौन कह सकता है कि ऐसे ही प्रयोगों के माध्यम से कब किसी नये फैराडे का जन्म हो, जिसके उपकरण अत्यंत साधारण थे, उदाहरणत: केवल कुछ रबर नालिकायें, प्रवाह-अवरोधक (स्टाप कॉक), परखनलियाँ और स्प्रिट-लैंप। हाँ, ऐसे साधारण उपकरणों से निष्कर्ष-पूर्ण प्रयोगों की अभिकल्पना के लिये विशेष सूझ-बूझ की आवश्यकता है।

अनेक ऐसे महान वैज्ञानिकों ने, जिनके अनुसंधान कार्य ने विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी की नींव रखी है, अत्यंत साधारण उपकरणों से अपने प्रयोग किये हैं। फैराडे ने भी ऐसा ही किया। केवल एक पुरानी बोतल और रद्दी इमारती लकड़ी की सहायता से उसने एक स्थिर-वैद्युतीय उत्पादक निर्मित किया। इसके माध्यम से उसने विद्युत संबंधी कुछ धारणाओं का परीक्षण किया। हमारा सौभाग्य है कि ऐसे अनेक आरम्भिक महान वैज्ञानिकों ने अपने अनुभवों के वितरण के लिए व्याख्यानों का सहारा लिया, जो बाद में पुस्तक रूप में छपे या उन्होंने स्वयं पुस्तकें लिखीं। इनमें से अनेक पुस्तकें ऐसी हैं, जिन्हें उन सब व्यक्तियों, को जो प्रायोगिक विज्ञान का आधारभूत ज्ञान सीखना या सिखाना चाहते हैं, बार-बार पढ़ना चाहिये। 'प्रकाश बत्ती का रासायनिक इतिहास' फैराडे ने पुस्तक के रूप में नहीं लिखी। यह उनकी एक व्याख्यान-माला का आशुलिपि-बद्ध अभिलेख है, जो उन्होंने किशोर श्रोताओं के समक्ष 1860-61 की क्रिसमस की छुट्टियों में दिये। इसमें उन्होंने प्रायोगिक प्रदर्शन भी प्रस्तुत किये। वैज्ञानिक अध्ययन में

प्रयोगों के महत्व पर फैराडे ने सदा विशेष बल दिया। एक अनुसंधानकर्ता और प्रयोग प्रदर्शक के रूप में उनकी सफलता से प्रयोगों द्वारा प्राकृतिक-रहस्योदघाटन-विधि में व्यापक विश्वास जागृत हुआ। अपने प्रयोगों की अभिकल्पना वह प्रकृति से सीखने की किया-विधि के रूप में करते थे। फैराडे चाहते थे कि उनके श्रोता स्वयं को प्रकृति की पाठशाला का विद्यार्थी समझें। उनके प्रयोग अत्यन्त खुले होते थे, जिनसे घटना-क्रिया सुस्पष्ट और सर्वमान्य रूप में देखी जा सकती थी। उनके उपकरण और तकनीक इतनी पारदर्शक होती थी कि प्रयोगों को समझने में दर्शकों को कोई कठिनाई नहीं होती थी। यह प्रयोग घटना-क्रिया को स्वयं-स्पष्ट तथा प्राकृतिक बना देते थे। हमें विश्वास है कि फैराडे के यह व्याख्यान पाठकों में उनके प्रयोगों को दोहराने की इच्छा जागृत करेंगे। तभी वह प्रयोगो के निष्कर्षो और ज्ञान के विकास के आपसी गहरे संबंधों को समझ सकेंगे। हाँ, यह प्रकिया निश्चित रुप से पुस्तक के साधरण पठन की अपेक्षा अधिक जटिल होगी।

नरेन्द्र कुमार सहगल
सुबोध महन्ती

प्राक्कथन

आदिकालीन चीड़ की मशाल और मोमबत्ती के बीच कितना बड़ा अंतराल था। रात्रि के अंधेरे में घर में रोशनी के लिये जो साधन मनुष्य ने समय-समय पर अपनाये, वह सभ्यता की राह में उसकी स्थिति स्पष्ट दर्शाते हैं। सुदूर पूर्व के मट्टी के भद्दे बर्तनों में जलता डामर, देखने में सुन्दर लेकिन कार्य में कमजोर ऐट्रस्कैन दिये, एस्किमो या लैपों की झोपड़ी में जलने वाली व्हेल, सील या रीछ की वसा, जिससे गंध अधिक और प्रकाश कम मिलता था, प्रकाशित गिर्जाघरों में जलती बड़ी-बड़ी मोमबत्तियाँ और आज हमारी सड़कों पर जलने वाले विभिन्न प्रकार के गैस-लैंप सबकी अपनी-अपनी कहानियाँ हैं। ये अगर बोल पाते (और वास्तव में अपने-अपने ढंग से बोल भी रहे हैं) तो बताते किस प्रकार उन्होंने समय-समय पर मनुष्य की सेवा की है, घर के प्रति उसकी स्नेह-भावना, उसके परिश्रम और धर्मानुराग में योगदान दिया है।

लाखों अग्नि-उपासकों तथा अग्नि प्रयोगकर्ताओं में से बहुतों ने आदि काल से इसके रहस्यों पर अवश्य विचार किया होगा। शायद, कुछ चतुर मस्तिष्कों के अनुमान सच्चाई के आस-पास भी पहुँच सके हों, लेकिन फिर भी हजारों लाखों वर्षों तक मनुष्य इस विषय में अंधकार में ही भटकता रहा, अन्ततः केवल एक व्यक्ति के जीवनकाल में सच्चाई का पता चला !

परमाणु-परमाणु जोड़कर, एक-एक कड़ी को साथ बाँधकर अंततः तर्कों की जंजीर बन पाई। कुछ ऐसी कड़ियाँ जो

अति शीघ्रता-पूर्वक गढ़ी गयी थीं, और कमजोर थीं, टूट गयीं और अधिक सुदृढ अनुसंधानों ने उनका स्थान लिया। लेकिन आज ऐसी अनेक घटना-प्रक्रियाओं की जानकारी उपलब्ध है। उनकी सही और सुदृढ़ रूपरेखा बन चुकी है और अन्य चतुर कलाकार शेष कार्य पूरा कर रहे हैं। आज का कोई बालक भी, जो इन व्याख्यानों की विषय-वस्तु दक्षता-पूर्वक ग्रहण कर लेगा, आग के विषय में अरस्तू की अपेक्षा अधिक जान लेगा।मोम बत्ती संबंधी यह ज्ञान, धीरे-धीरे प्रकृति के अंधेरे कोनों में छिपे नये तथ्यों को उजागर कर रहा। फुंकनी और प्रिज्म धरती की सतहों के रहस्यों को उजागर कर रहे हैं, किन्तु मार्गदर्शी 'टार्च.'(सूझबूझ) का स्थान प्रथम है।

इस पुस्तक के कुछ पाठक शायद स्वंय मानवीय ज्ञान-भंडार की वृद्धि में महत्वपूर्ण योगदान देंगे। विज्ञान-दीप निरन्तर जलता रहना चाहिये।

व्याख्यान–1

प्रकाश–बत्ती : लौ––इसके स्रोत––रचना गतिशीलता और चमक

व्याख्यान -1

जो सम्मान मुझे यहां आ कर और हमारे कार्यों में रुचि दिखाकर दिया है, उसके बदले में मैं आपके समक्ष प्रकाश बत्ती के रासायनिक इतिहास विषय पर यह व्याख्यान शृंखला प्रस्तुत कर रहा हूँ। पहले भी मै इस विषय पर व्याख्यान दे चुका हूँ। विषय इतना रोचक है और दर्शन[1] के विभिन्न क्षेत्रों में प्रवेश-द्वार प्रदान करता है कि यदि केवल मेरी इच्छा पर ही निर्भर हो, तो यह व्याख्यान-माला मैं हर वर्ष दोहराता रहूँ। ब्रह्मान्ड के किसी भी भाग को संचालित करने वाला, शायद ही कोई ऐसा नियम या घटना-प्रक्रिया हो जो इस विषय से जुड़ा न हो और जिसमें इसका योगदान न हो। प्राकृतिक दर्शन का कोई भी प्रवेश-द्वार प्रकाश-बत्ती की भौतिक घटना-प्रक्रिया के अध्ययन से अधिक अच्छा और खुला नहीं है। मुझे विश्वास है कि विषय का मेरा यह चुनाव आपको निराश नहीं करेगा। अन्य कोई नया और अच्छा विषय भी शायद ही इससे अधिक उपयोगी हो पाता।

इससे और आगे बढ़ने से पहले, मैं यह भी कहना चाहूँगा कि यद्यपि विषय अत्यंत महत्वपूर्ण है और मैं इसका निरूपण पूर्ण ईमानदारी, गंभीरता और दार्शनिकता[2] से करना चाहता हूँ, मैं अपने वरिष्ठ श्रोताओं की उपेक्षा कर, स्वयं एक बालक की भाँति बालकों से बात करना चाहूँगा। मैंने पहले भी ऐसा किया है और, आप सब की अनुमति से, पुनः यही करना चाहूँगा। यद्यपि मैं जानता हूँ कि जो कुछ मैं बोलूँगा उसका व्यापक संचारण मैं पहले कर चुका हूँ, लेकिन इससे, इस अवसर पर मेरे प्रिय उपस्थित श्रोताओं के समक्ष पूर्व-परिचित ढंग से विषय के प्रस्तुतिकरण में कोई बाधा नहीं आयेगी ।

मेरे प्रिय बालकों, अब सर्वप्रथम मैं यह बताऊँगा की बत्तियाँ बनती किस प्रकार हैं। इनमें से कुछ बहुत विचित्र, और जिज्ञासापूर्ण है। मेरे पास यहाँ कुछ ऐसे लकड़ी के टुकड़े हैं, जो अपनी ज्वलनशीलता के लिये प्रसिद्ध हैं। यह अदभुत वस्तु जो आप देख रहे हैं, आयरलैंड के दलदलों से प्राप्त एक विशेष प्रकार की लकड़ी है जो 'कैन्डिल लकड़ी'[3] कहलाती है। यह उत्तम प्रकार की कड़ी और मजबूत लकड़ी है। इसके अनेक उपयोग हैं, जिनमें इसे अनेक प्रकार की शक्तियों को झेलना पड़ता है। इसके अतिरिक्त, अच्छी ज्वलनशीलता के कारण, इसकी छिपटियां मशाल के रुप में भी उपयोग में आती हैं, क्योंकि वह मोम-बत्तियों की तरह जलकर बहुत अच्छा प्रकाश देती हैं। यह लकड़ी वास्तव में प्रकाश-बत्ती का अच्छा उदाहरण है। इसमें ईधन की आपूर्ति है और उसे उचित स्थान पर पहुंचाने की क्षमता है, जहाँ वह हवा की क्रमिक किन्तु नियमित आपूर्ति द्वारा, ताप-और प्रकाश-जनक रासायनिक क्रियाओं में भाग लेती है। इस प्रकार यह लकड़ी के टुकड़े प्राकृतिक प्रकाश-बत्तियाँ हैं।

लेकिन यहाँ हम व्यापारिक प्रकाश बत्तियों की बात करना चाहते हैं। यह प्रकाश देने वाली दो बत्तियाँ हैं। यह रुई की लम्बी बत्तियाँ हैं जिन्हें ठंडा कर, बार-बार पिघली हुई वसा में डुबोया जाता है, जिससे वसा रुई के चारों ओर जमा हो जाती हैं। आपको इस प्रकार की बत्तियों के विभिन्न गुणों की जानकारी देने के लिये, मैं आपको यह दो बत्तियाँ दिखा रहा हूँ, जो मैं अपने हाथ में लिये हूँ। यह बहुत छोटी, लेकिन विचित्र है। ऐसी बत्तियाँ लोग कोयले की खानों में उपयोग करते हैं, या करते थे। पुराने समय में, खानों में काम करने वालों को अपने लिये स्वयं इन बत्तियों का प्रबंध करना पड़ता था। यह सोचते हुए कि बड़ी बत्ती की अपेक्षा छोटी बत्तियों से खान के ज्वलनशील भंडार शीघ्रता से आग नहीं पकडेंगे, यह इतनी

छोटी बनाई जाती थीं कि 20, 30, 40 या 60 बत्तियों का भार केवल एक पाउन्ड होता था। इन बत्तियों का स्थान अब 'स्टील मिल', डेवी लैंप [4] अथवा भिन्न-भिन्न प्रकार के अन्य सुरक्षित लैंपों ने ले किया है। मेरे पास यह बत्ती हैं, कहते हैं कि इसे कर्नल पासले ने 'रॉयल जार्ज' * से प्राप्त किया था। इसे वर्षों तक समुद्र में डूबाए रखा गया और इसने नमकीन पानी का प्रभाव झेला। आप देख सकते हैं कि ऐसी बत्तियाँ काफी हद तक परिरक्षित रहती हैं। यद्यपि यह कई स्थानों पर चटख और टूट गयी हैं, जलाने पर यह अब भी जलती रहती हैं। इनकी वसा पिघलने पर अपनी स्वाभाविक स्थिति में आ जाती है।

लैम्बेथ के श्री फील्ड से मुझे अनेक प्रकार की सुन्दर प्रकाश-बत्तियाँ तथा संबंधित रसायन प्राप्त हुए हैं। अब मैं उनका उल्लेख करूँगा। मैं यह बात रूसी बैल की वसा (टैलो) से निर्मित इस कड़ी चर्बी (सुएट) से आरम्भ करूँगा, जिससे यह प्रकाश-बत्तियाँ बनाई गयी हैं। मेरा विचार है सब से पहले गे-ल्यूसैक्स [5] ने (या किसी और ने, जिसने इसकी जानकारी गे-ल्यूसैक्स को दी) इस चर्बी से 'स्टीयरिन' [6] नामक यह सुन्दर पदार्थ बनाया, जो पास ही रखा हैं। आप जानते हैं कि आज की प्रकाश-बत्तियाँ, पहले प्रयुक्त होने वाली साधारण बत्तियों की तरह, चिकनी और चिपचिपी नहीं होतीं। इनसे गिरने वाली बूँदों को सरलता से खुरच कर या तोड़कर साफ़ किया जा सकता है। स्टीयरिन बनाने के लिये उसने निम्नलिखित विधि अपनाई: पहले उसने टैलो वसा को अनबुझे-चूने [7] के साथ उबाला। इस

---

* रॉयल जार्ज 29 अगस्त, 1782 को स्पिटहेड पर डूब गया था। कर्नल पासले ने बारूद के विस्फोट द्वारा इसके मलबे को हटाने का कार्य अगस्त, 1839 में आरम्भ किया। जो बत्ती फैराडे ने प्रदर्शित की उसने 50 वर्षों से अधिक समय तक समुद्री पानी की क्रिया झेली होगी।

प्रकार जो साबुन बना उसे उसने गंधक के अम्ल (सलफ्यूरिक अम्ल) से विच्छेदित किया, इससे चूना अलग हो गया और वसा स्टीयरिक अम्ल और ग्लिसरीन [8] में परिवर्तित हो गई। इस रासायनिक क्रिया में* (टैलो) वसा से ग्लिसरीन, जो एक शर्करा या शर्करा जैसा पदार्थ है, अलग हो जाता है।' फिर इसे दबाकर तेल हटा दिया जाता है। इस प्रकार निरंतर दबाव बढ़ाकर शोधि ात की गई स्टीयरिन-टिक्कियाँ यहाँ प्रस्तुत हैं। इससे स्पष्ट है कि तेलीय पदार्थ निकाल देने से शुद्ध स्टीयरिन प्राप्त हो जाता है, जिसे पिघला कर मोमबत्तियों के रूप में ढ़ाला जा सकता है, जैसा मैंने आप को दिखाया। यह बत्ती जो मेरे हाथ में है, स्टीयरिन की बत्ती है, जो वर्णित विधि से बनायी गयी है। यह दूसरी बत्ती स्पर्म-बत्ती कहलाती है जो स्पर्मासेटी-व्हेल [9] के

---

*'टैलों' अथवा वसा, वसा-अम्लों (उदाहरणत: पामिटक, ओलीक और स्टीयरिटक अम्ल) और ग्लिसरीन के रासायनिक यौगिक हैं। चूना इन अम्लों से संयोजित होकर, ग्लिसरीन को विच्छेदित कर देता है। अघुलनशील चूने के साबुन को पखारने और गर्म करने के बाद और तनु गंधक के अम्ल से विच्छेदित किया जाता है। इस प्रकार पिघले वसा-अम्ल ऊपर तैरने लगते हैं और निथार लिये जाते हैं। इन्हें पुन: पखारा जाता है और पतली प्लेटों की शक्ल में ढाल लिया जाता है। इन्हें ठंडा कर, नारियल की चटाइयों के बीच रखकर, जलीय दबाव द्वारा मुलायम ओलीक-अम्ल निचोड़कर निकाल दिया जाता है, अब केवल स्टीयरिक अथवा अन्य वसा-अम्ल शेष रह जाते है, इन्हें उच्च तापक्रम पर, दबाव द्वारा और गर्म गंधक के अम्ल से पखार कर और शोधित किया जाता है। इस प्रकार यह प्रकाश-बत्तियाँ बनाने योग्य बन जाते हैं। यह अम्ल अपने स्रोत वसा की अपेक्षा, अधिक कड़े और सफ़ेद होते हैं। साथ ही यह अधि ाक साफ और ज्वलनशील होते हैं।

तेल से बनती है। यह कुछ पीली बत्तियाँ मधुमक्खियों के मोम से बनी हैं, और यह कुछ मधुमक्खियों के शोधित मोम से बनी बत्तियाँ हैं। इसके अतिरिक्त यहाँ पैराफीन [10] की प्रकाश-बत्तियाँ हैं, जो आयरलैड के दलदलों से मिलता है। सुदूर जापान से प्राप्त यह पदार्थ भी (जहाँ पहुँचने में हम सफल हो सके है) एक प्रकार का मोम है। यह मेरे एक मित्र ने वहाँ से भेजा है और यह भी प्रकाश बत्तियाँ बनाने के लिये इस्तेमाल किया जा सकता है।

यह प्रकाश-बत्तियाँ बनाई कैसे जाती हैं? मैं खानों में इस्तेमाल होने वाली प्रकाश-बत्तियों का उल्लेख कर चुका हूँ। आइये, हम यह मान लें कि विभिन्न प्रकार की प्रकाश बत्तियाँ सब ऐसे पदार्थों से बनी हैं जिन्हें साँचे में ढाला जा सकता है। अब मैं आपको दिखाऊँगा कि इन्हें साँचे में ढाला कैसे जाता है।''साँचे में ढालना?'' आप कहेंगे। यह प्रकाश-बत्तियाँ तो पिघलने वाले पदार्थ से बनी है, और जिस पदार्थ को पिघलाया जा सकता है उसे साँचे में ढालने में भला क्या कठिनाई हो सकती है? लेकिन ऐसा नहीं हैं। निर्माण-प्रक्रिया में अनेक ऐसी समस्याएँ आती है, जिनका पूर्वानुमान संभव नहीं हो पाता। प्रकाश बत्तियों का सदा साँचे में ढालना संभव नहीं होता । मोम की प्रकाश-बत्तियाँ साँचों में नहीं ढाली जा सकतीं। यह विशेष पद्धति से बनाई जाती है। मैं यह पद्धति एक दो मिनट में समझा सकता हूँ, लेकिन अभी मैं इस पर अधिक समय नहीं देना चाहता। मोम इतनी अच्छी ज्वलनशीलता और गलनशीलता के बावजूद ढाला नहीं जा सकता। अत: इस समय हम ऐसे पदार्थों से बनी प्रकाश बत्तियों की बात करेंगे जिन्हें ढाला जा सकता हैं।

देखिये, यह एक ऐसी संरचना (फ्रेम) है जिसमें कई साँचे हैं। सबसे पहले हमें इनमें बत्ती डालनी होगी। देखिये यह ऐसी

गुंथी हुई बत्ती है जिसकी स्नफिंग * आवश्यक नहीं है। यह एक पतले तार की सहायता से साधी गई है। यह साँचों की तली तक पहुँच सकती है। तली पर छोटी सी खूँटी है, जिसमें रुई मजबूती से फंसाई जा सकती है। इस प्रकार नीचे का छेद भी बंद हो जाता है और द्रवित पदार्थ के बाहर बह आने की संभावना नहीं रहती। संरचना के ऊपरी भाग में एक छड़ है, जो रुई को ताने रहती है और साँचे के अंदर स्थिर रखती है। अब वसा (टैलो) को पिघला कर, साँचों को उससे भर दिया जाता है। ठंडा होने पर अतिरिक्त वसा कोने की ओर से बहा दी जाती है और साँचे बाहर से भली-भांति साफ़ कर दिये जाते हैं। बत्तियों के सिरे काट दिये जाते हैं और केवल प्रकाश-बत्तियाँ ही साँचों के अंदर रह जाती है। अब बस साँचों को उलट कर प्रकाश-बत्तियों को बाहर निकालने का काम रह जाता है, जो मैं अब कर रहा हूँ। शंकुरूपी होने के कारण तथा साँचों में कुछ सिकुड़ जाने के कारण प्रकाश-बत्तियाँ केवल थोड़ा सा हिलाने भर से बाहर लुढ़क आती हैं।

स्टीयरिन और पैराफिन की प्रकाश-बत्तियाँ भी इसी विधि से बनाई जाती हैं। मोम बत्तियाँ बनाने की विधि कुछ अनोखी है। इसके लिये, (जैसा आप देख रहे हैं), रुई की अनेक बत्तियाँ एक विशेष संरचना पर लटका दी जाती हैं। इनके सिरों पर धातु की छोटी घुंडी सी होती है, जिससे मोम उन स्थानों पर नहीं जम पाता। यह संरचनायें चारों ओर घुमायी जा सकती हैं। अब इस संरचना को उस तापक (हीटर) के पास ले जाया जाता है, जिस पर मोम को पिघलाया गया है। संरचना को चला-चला कर पिघला हुआ मोम क्रमशः पहली, दूसरी, तीसरी और फिर इसके बाद वाली रुई की बत्तियों पर बहाया

* इसमें थोड़ा सुहागा या फॉस्फोरस के लवण मिला दिये जाते हैं जिससे इसकी राख भी गलनशील बन जाये।

जाता है, जिससे ठंडा होने पर मोम की पर्त उन पर चढ़ जाती है। पहला चक्कर पूरा हो जाने पर और बत्तियों के पर्याप्त ठंडा होने पर, इसी प्रकार एक के बाद एक अनेक पर्तें उस समय तक चढ़ाई जाती हैं जब तक यह पर्याप्त मोटी नहीं हो जाती। अब यह मोमबत्तियाँ संरचना से अलग कर ली जाती हैं। श्री फील्ड के सौजन्य से यहाँ मेरे पास ऐसी मोमबत्तियों के अनेक नमूने मौजूद हैं। इनमें से यह एक पूरी तरह तैयार नहीं है। अब इन्हें पत्थर के चिकने पटरे पर घिसा जाता है और शंकुरूपी ऊपरी सिरा, उचित शक्ल की नलियों की सहायता से गढ़ा जाता है। नीचे का सिरा काट कर एकसार कर दिया जाता है। यह प्रक्रिया इतनी दक्षता से पूरी की जाती है कि एक पाउंड भार में इच्छानुसार एक जैसी चार अथवा छः मोमबत्तियाँ बनाई जा सकती हैं।

अब हम प्रकाश-बत्तियों की निर्माण विधियों पर और समय न बिताकर, कुछ आगे बढ़ेंगे। अभी तक मैंने प्रकाश-बत्तियों में विलासिता का उल्लेख नहीं किया है (जी हाँ, प्रकाश-बत्तियों में भी विलासिता संभव है)। इन रंग-बिरंगी बत्तियों को देखिये। इनमें मैजेन्टा, बैंगनी तथा अन्य रासायनिक रंगों[11] से रंगी सुन्दर प्रकाश-बत्तियाँ सम्मिलित हैं। इनका निर्माण अभी हाल में ही आरम्भ हुआ है। आप इनके विभिन्न आकार भी देख सकते हैं। यह खाँचेदार आकार की बहुत सुन्दर प्रकाश-बत्ती है, और यह श्री पीअरसेल द्वारा भेजी गई प्रकाश-बत्तियाँ, जो भाँति-भाँति से सजाई गई हैं। जब यह जलती हैं तो ऐसा लगता है जैसे चमकते हुए सूर्य के नीचे फूलों के गुलदस्ते हों। यद्यपि यह प्रकाश-बत्तियाँ देखने में अच्छी और सुन्दर हैं, यह इतनी उपयोगी नहीं हैं। वास्तव में यह खाँचेदार प्रकाश-बत्तियाँ अपनी सुन्दरता के बावजूद 'खराब' बत्तियाँ हैं। यह अपने आकार के कारण अच्छी नहीं हैं। लेकिन फिर भी मैं यह नमूने आप को दिखा रहा हूँ, जो मुझे अनेक मित्रों से मिले हैं। यह मैं इसलिये

दिखा रहा हूँ कि आप जान सकें कि इन पर किस प्रकार के परिवर्तनों के प्रयास किये जा रहे हैं, लेकिन जैसा मैं कह चुका हूँ इनके बाहरी स्वरूप को अधिक सुन्दर बनाने के प्रयासों में कुछ सीमा तक इनकी उपयोगिता की बलि देनी पड़ती है।

अब हम इन बत्तियों के प्रकाश पर विचार करेंगे, इनमें से एक-दो को जलाकर इनका कार्य देखेंगे। आप देखेंगे कि प्रकाश-बत्ती लैंप से बहुत भिन्न है । लैंप में हम इसकी टंकी में तेल भर कर, रुई की बत्ती डाल देते हैं और इसका ऊपरी सिरा जलाकर प्रकाशित कर देते हैं। जब इसकी लौ को तेल में नीचे उतारा जाता है तो यह बुझ जाती है, लेकिन इसका ऊपरी भाग फिर भी जलता रहता हैं। अब आप प्रश्न करेंगे कि तेल जब स्वयं अपने आप नहीं जलता तो यह रुई के उस ऊपरी भाग तक कैसे पहुँचता है, जहाँ वह जलता हैं। हम इस पर अभी विचार करेंगे, लेकिन प्रकाश-बत्तियों का जलना और भी अधिक कौतूहल-जनक है। इनमें कोई टंकी नहीं है, बल्कि केवल एक ठोस पदार्थ है। यह ठोस पदार्थ उस स्थान तक कैसे पहुँचता है जहाँ लौ जल रही हैं। इसका ज्वलनशील ईंधन द्रव नहीं है, फिर भी यह लौ तक पहुँच जाता है। जब यह (पिघल कर) द्रव बन जाता है तो यह एक स्थान पर इकट्ठा कैसे रह पाता है? प्रकाश-बत्ती से संबन्धित यह अनेक कौतूहलजनक प्रश्न हैं।

यहाँ काफी हवा है। यह कुछ दृष्टान्तों में सहायक सिद्ध होगी, लेकिन कुछ अन्य में कठिनाइयाँ प्रस्तुत करेगी। अत: समरूपता की दृष्टि से और विषय के सरलीकरण के उद्देश्य से, मैं एक स्थिर लौ जला रहा हूँ, क्योंकि अस्थिर लौ के अध्ययन में विषय से असंबंधित कठिनाईयाँ सामने आती हैं। देखिये यह किसी बुद्धिमान फेरीवाले या शनिवार की रात में बाजार की खुली सड़को के किनारे हरी मटर, आलू या मछली बेचनेवाले का आविष्कार हैं। मैंने प्राय: इसे सराहा हैं। यह प्रकाश-बत्ती

के चारों ओर लैम्प की चिमनी की तरह उपयुक्त आधार में फंस जाती है और इसे आवश्यकतानुसार ऊपर नीचे उठाया-गिराया जा सकता है। लैंप की चिमनी की तरह प्रयोग होने वाले इस काँच की सहायता से हम लौ को स्थिर रखकर, इसका अध्ययन कर सकते हैं। मुझे आशा है, आप अपने घर पर यह करेंगे भी।

इस प्रकार आप देखेंगे कि प्रकाश-बत्ती जलाने पर उसमें एक सुन्दर प्याला सा बन जाता हैं जो हवा प्रकाश-बत्ती की ओर आती है वह प्रकाश-बत्ती के ताप से गर्म हो कर ऊपर की ओर उठती है और ठंडी होकर, नीचे आती है। यह मोम, वसा अथवा किसी भी अन्य ईंधन को, किनारों की ओर, इसके मध्य की अपेक्षा, ठंडा रखती है। लौ की गरमी से यह ईंधन बत्ती के चारों ओर पर्याप्त गहराई तक (इसके बुझने तक) द्रव बना रहता हैं। इसके विपरीत, बत्ती का बाहरी भाग ठोस बना रहता है। इस हवा का प्रवाह यदि केवल एक ही दिशा में होता, तो यह प्याला ठीक शक्ल का न बन पाता और इससे द्रवित ईंधन नीचे बह जाता। गुरुत्वाकर्षण की वही शक्तियाँ, जो संसार और अन्य आकाशीय पिन्डों को अपनी निर्धारित कक्षाओं में बाँधे रहती हैं, द्रवित ईंधन को पृथ्वी के समानान्तर बनाये रखती हैं। यदि प्याले में यह द्रवित ईंधन पृथ्वी के समानान्तर न होता तो निश्चित रुप से ईंधन धार बनाकर बहने लगता। अब आप समझ गये होंगे कि कि हवा का यह प्रवाह ही, जो पहले ऊपर की ओर उठता है और फिर प्रकाश-बत्ती के किनारों को प्रभावित कर, बत्ती के बाहरी भाग को ठंडा रखता है, प्याला निर्मित होने का कारण हैं। ऐसा कोई भी ईंधन, जिसमें ऐसा प्याला निर्मित न हो, प्रकाश-बत्तियों के लिये उपयुक्त नहीं है। आयरलैंड के दलदलों में मिलने वाली लकड़ी एक अपवाद है, जिसकी संरचना स्पंज जैसी होती है। अब आप समझ गये होंगे कि खाँचेदार आकार की प्रकाश-बत्तियाँ अच्छी क्यों नहीं होतीं। इनका अनियमित आकार प्याले के किनारों के

बनने में बाधा प्रस्तुत करता हैं। इस दृष्टान्त से शायद आप समझ लेंगे कि अच्छी कार्य-क्षमता ऊपरी सुंदरता से अधिक महत्वपूर्ण है। दिखने में सबसे सुन्दर वस्तु की अपेक्षा, सर्वाधिक कार्यकुशल वस्तु अधिक उपयोगी होती है। यह खाँचेदार बत्ती जलने में अच्छी नहीं है, इसकी अनियमित बनावट और ऊपरी प्याला ठीक से न बन पाने के कारण, इसका ईंधन चारों ओर बहने लगता है। कुछ उदाहरणों में आप देखेंगे (मुझे विश्वास है आपने स्वयं इन पर ध्यान दिया होगा) कि ऊपर उठती हुई हवा के प्रभाव से, जब कुछ ईंधन नीचे बह निकलता है, बत्ती का कुछ भाग अन्य जगहों की अपेक्षा मोटा हो जाता है। यह एक छोटे खंभे का आकार ग्रहण कर लेता है और यद्यपि बत्ती निरन्तर जलती रहती है, यह मोटा स्थान अपनी जगह बना रहता है। बत्ती के शेष भाग से ऊपर होने के कारण ठंडी हवा का इस पर अधिक असर होता हैं। गर्म केन्द्रीय भाग से इसकी दूरी कुछ बढ़ जाने से यह ताप का प्रभाव अधिक सरलता से झेल लेता है। प्रकाश-बत्तियों के अनेकों बड़े अवगुण या कमियाँ, वास्तव में सभी वस्तुओं की कमियाँ, हमें नई बातें सीखने का अवसर प्रदान करती हैं। हम लोग दार्शनिक बनने की कामना करते हैं। मुझे आशा है आप जब भी कोई नई घटना-प्रक्रिया देखेंगे, सदा अपने आप से प्रश्न करेंगे "इसका कारण क्या है? आखिर ऐसा होता क्यों है?" और अतंत: आप इस प्रश्न का उत्तर खोज निकालने में सफल हो जायेंगे।

अब इन प्रकाश-बत्तियों से संबंधित एक और प्रश्न सामने आता है। द्रवित ईंधन किस प्रकार प्याले से बत्ती में और फिर प्रज्जवलित स्थान तक पहुँचता है? आप जानते है कि मोम, स्टीयरिन या स्पर्मासेटी की प्रकाश-बत्तियों में लौ ईंधन से, कुछ दूर, ऊपर ही बनी रहती हैं। इस प्रकार यह सारे ज्वलनशील पदार्थ को एक साथ द्रवित नहीं करती, बल्कि अपने सही स्थान पर बनी रहती हैं। नीचे के द्रव से अलग, वह अपनी सीमाओं

में बंधी रहती है और प्याले के किनारों पर भी अतिक्रमण नहीं करती। मेरे लिये आन्तरिक समायोजन के इससे अच्छे उदाहरण की कल्पना कठिन है, जो प्रकाश-बत्तियों में देखने को मिलता है। यहाँ इसकी क्रिया में अन्त तक एक भाग दूसरे भाग के आधीन कार्य करता रहता है। लौ की शक्ति यदि पर्याप्त पास आ जाती तो पूरे मोम पर प्रभावी हो जाती, यह सब एक साथ पिघल जाता और बत्ती का आकार नष्ट हो जाता। इस तथ्य को देखते हुए, प्रकाश-बत्ती का धीरे- धीरे जलना, जिसमें अंत तक लौ बत्ती की समग्रता में प्रवेश नहीं करती, वास्तव में आश्चर्यजनक हैं ।

लेकिन लौ को ईंधन प्राप्त कैसे होता है। इसके पीछे एक अत्यंत सुन्दर प्रक्रिया है 'कोशिकाकर्षण' (कैपिलरी-आकर्षण) अथवा 'बालों का आकर्षण'*, आप चाहे इसे जो भी नाम दे लीजिये। ये नाम इस प्रक्रिया को उस समय दिये गये थे, जब इसकी शक्ति का आभास बहुत कम था। इस कोषिकाकर्षण की शक्ति से ही ईंधन प्रज्वलित स्थान तक पहुँचता है और बिना इधर उधर फैले एक केन्द्रीय स्थान पर इकट्ठा हो पाता है, जहाँ उसे दहन प्रक्रिया में भाग लेना है। अब मैं आप को कोषिकाकर्षण के कुछ और उदाहरण दूँगा। यह दो वस्तुओं को आपसी अघुलनशीलता के बावजूद, एक साथ रख सकने में सक्षम हैं। जब आप हाथ धोते हैं, वह पूरी तरह गीले हो जाते है।

---

* कोषिकाकर्षण या प्रतिकर्षण के कारण ही लघु-नलिकाओं में द्रव चढ़ता या उतरता है। यदि ताप-मापक की दोनो ओर खुली नली पानी में डुबाई जाये तो पानी तुरन्त नली के अंदर बाहर की अपेक्षा काफी ऊपर तक चढ़ जायेगा। इसके विपरीत, यदि यही नली पारे में डुबोयी जाये तो आकर्षण की जगह प्रतिकर्षण की प्रक्रिया होगी और पारे की सतह बाहर की अपेक्षा अंदर नीचे होगी।

अब यदि आप थोड़ा साबुन लें, तो पानी हाथों से और अधिक चिपकता है और वह अधिक देर तक गीले बने रहते हैं। यह उन्हीं शक्तियों के कारण है, जिनकी बात मैं करूँगा। यदि आपके हाथ गंदे नहीं है (जो वह प्राय: नित्य के कामों से होते है) और आप अपनी उंगली हल्के गर्म पानी में डुबोयें तो यह ठंडे पानी की अपेक्षा उस पर कुछ अधिक ऊपर तक चढ़ आयेगा (यद्यपि इस बात पर आप अक्सर विशेष ध्यान नहीं देते)।

देखिये यह एक नमक का छिद्रिल (पोरस) कॉलम है और इस प्लेट में मैं इसी नमक का संतश्प्त घोल डाल रहा हूँ, यद्यपि यह देखने में पानी जैसा प्रतीत होता है। इस घोल में और अधिक नमक नहीं घुल सकता, अत: आप जो प्रक्रिया देखेंगे, उसमें घुलनशीलता की कोई भूमिका नहीं हैं। आप प्लेट को एक प्रकाश-बत्ती समझ सकते हैं, कॉलम के नमक को रुई की बत्ती और घोल को द्रवित वसा (मैंने इस घोल में कुछ रंग मिला दिया है, जिससे आप पूर्ण प्रक्रिया स्पष्ट देख सकें)। अब मैं यह घोल प्लेट में डाल रहा हूँ। यह धीरे धीरे कॉलम के नमक में ऊपर की ओर उठने लगता है, और यदि कॉलम ढह न गया तो यह ऊपर तक पहुँच जायेगा। अगर यह नीला घोल ज्वलनशील होता और इस कॉलम के ऊपर हम रुई की बत्ती रख देते तो ईधन के ऊपर पहुँचने पर इसे प्रज्वलित किया जा सकता था। यह विशेष कौतूहल-जनक प्रक्रिया है और इससे संबंधित अनेक तथ्य अद्‌भुत हैं। हाथ धोने पर आप उन्हें तौलिये से पोछते हैं। उसी प्रक्रिया से तौलिया गीला हो जाता है, जिससे रुई की बत्ती वसा से गीली हो जाती है। मैंने कुछ ऐसे लापरवाह बच्चे (कभी कभी बड़े लोग भी) देखे हैं, जो अपने गीले हाथ तौलिये से पोंछ कर उसे पानी से भरे बर्तन के किनारे पर डाल देते हैं। बहुत शीघ्र यह बर्तन का पानी बाहर खींचकर फर्श पर फैला देता है। इस प्रक्रिया में तौलिया एक साइफन की तरह काम करता है।* इस प्रक्रिया को और ठीक से समझाने के लिये मैं एक और

प्रयोग प्रस्तुत कर रहा हूँ। देखिये, यह पतली जाली का बना एक बर्तन है, जिसमें कुछ पानी भरा गया हैं। इसकी तुलना आप प्रकाश-बत्ती की रुई या तौलिये के कपड़े से कर सकते हैं। (वास्तव में प्रकाश-बत्ती की बत्ती भी कभी-कभी तार की जाली की बनी होती है)। जाली के इस छिद्रिल बर्तन में डाला गया पानी कुछ देर में नीचे तक पहुँच जाता है। यदि मैं आप से प्रश्न करूँ कि यह बर्तन कैसा है, इसके अंदर क्या है और वह वहाँ क्यों है तो आप काफी देर तक चकित रहेंगे। पानी इसके अंदर भरा है, फिर भी ऐसा लगता है जैसे यह खाली हो। यह दिखाने के लिये मुझे इसे खाली करना होगा। एक बार गीला होने पर इसका तार इस लिये गीला बना रहता है, क्योंकि जाली इतनी पतली है कि द्रव एक सिरे से दूसरे तक अंदरूनी खिंचाव के कारण (जाली की छिद्रिलता के बावजूद) अंदर ही फंसा रहता है। इसी प्रक्रिया से द्रवित वसा के कण रुई पर ऊपर की ओर चढ़कर इसके ऊपरी सिरे तक पहुँच जाते हैं। आपसी आकर्षण से इनके पीछे दूसरे कण ऊपर चढ़ने लगते हैं और लौ तक पहुँच कर धीरे-धीरे प्रज्वलित होते रहते हैं।

चित्र - 1

मैं इसी सिद्धान्त का एक अन्य उदाहरण प्रस्तुत कर रहा हूँ। आप बेंत का यह टुकड़ा देख रहे हैं। मैंने गलियों में ऐसे लड़कों को घूमते देखा है, जो बड़ों जैसे दिखना चाहते हैं। यह लड़के प्राय: ऐसे बेंत के टुकड़ों को जलाकर इन्हें सिगार की तरह पीने की नक्ल करते हैं। बेंत की प्रवेश्यता केवल एक दिशा में होने के कारण, और इसकी छिद्रिलता के कारण ही ऐसा सम्भव हो पाता है। यदि मैं इस बेंत के टुकडे को कैम्फीन[12] (जो अपने सामान्य गुणों में पैराफीन जैसी होती है) से भरी प्लेट में रख दूँ, तो यह ठीक उसी प्रकार, जैसे नीला पानी नमक में ऊपर चढ़ गया था, बेंत के टुकड़े में चढ़ जायेगी। क्योंकि इसके छेद (नालिकायें) केवल नीचे से ऊपर की दिशा में हैं और किनारों पर नहीं हैं, द्रव उस ओर नहीं जा सकेगा*। यह केवल बेंत की लम्बाई में ही यात्रा कर सकेगा। यह अब बेंत के ऊपर पहुँच चुका है और मैं इसे जलाकर इससे प्रकाश-बत्ती का काम ले सकता हूँ। इस उदाहरण में द्रव बेंत में उसी प्रकार कोषिकाकर्षण द्वारा ऊपर चढता है, जैसे प्रकाश-बत्तियों में रुई के द्वारा।

प्रकाश-बत्ती का नीचे तक चारों ओर प्रज्वलित न होने का कारण यह है कि द्रवित वसा इसे बुझा देती है। आप जानते हैं कि यदि हम प्रकाश-बत्ती को उल्टा करें और ईधन को नीचे की ओर बहने दें, तो बत्ती तुरन्त बुझ जाती है। कारण यह है कि लौ को इस बहते हुए ईधन को पर्याप्त गर्म करने का

---

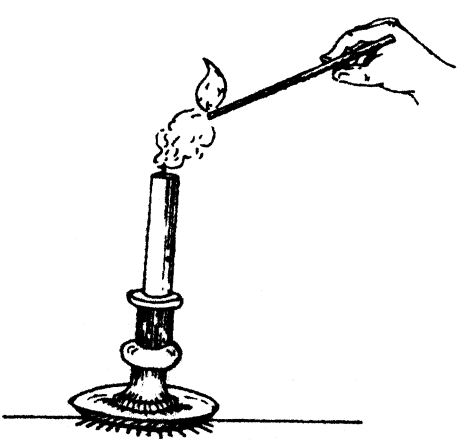
* यह विश्वास किया जाता है कि स्वर्गीय ससेक्स के ड्यूक ने सर्वप्रथम यह प्रदर्शित किया कि इस प्रक्रिया से प्रॉन मछली को धोया जा सकता है। यदि निचले पंखों को हटाकर इसकी पूँछ पानी के बर्तन में डाल दी जाये, और सिर बाहर लटका दिया जाये, तो पानी कोषिकाकर्षण द्वारा अंदर खिंच कर सिर की ओर से बाहर गिरने लगेगा। यह प्रक्रिया उस समय तक जारी रहेगी जब तक पानी की सतह पूँछ से नीचे नहीं पहुँच जाती।

समय नहीं मिल पाता, जैसा कि इसे सीधा रखकर ईंधन के ऊपर धीरे-धीरे लौ तक पहुंचते रहने से होता है।

प्रकाश-बत्ती के संबंध में एक ओर बात जानना भी आपके लिये आवश्यक है। इसके बिना आप प्रकाश-बत्ती का दर्शन पूरी तरह नहीं समझ पायेंगे। यह बात है- ईंधन का वाष्पीय रूप में होना। आप को यह बात समझने के लिये, मैं एक बहुत सुन्दर, यद्यपि साधारण, प्रयोग दिखा रहा हूँ। यदि हम बत्ती को सावधानी से बुझा दें तो आप इसके ऊपर की ओर उठती हुई वाष्प देख सकेंगे। मुझे विश्वास है आपने बुझी हुई प्रकाश-बत्ती से आने वाली गंध प्रायः महसूस की होगी। यह गंध वास्तव में दुर्गन्ध होती है। लेकिन यदि आप सावधानी से प्रकाश बत्ती को बुझायें तो आप उस वाष्प को देख भी पायेंगे, जिसमें प्रकाश-बत्ती का ठोस पदार्थ परिवर्तित हो जाता है। मैं इन प्रकाश-बत्तियों में से एक को इस प्रकार बुझा रहा हूँ कि उसके चारों ओर की हवा अधिक आन्दोलित न हो पाये। अब यदि मैं कोई प्रज्जवलित नोकीली वस्तु मोमबत्ती से दो-तीन इंच ऊपर तक लाऊँ तो हवा में ज्वाला की एक लहर सी उठ कर बत्ती तक पहुँच जायेगी। इसके लिये मुझे पहले से तैयार रहना होगा और ऐसा शीघ्रता से करना होगा। क्योंकि यदि मैं देरी करूँगा तो वाष्प पुनः द्रव या ठोस में परिवर्तित हो जायेगी, या यह ज्वलनशील वाष्प हवा के कम्पन से चारों ओर फैल जायेगी।

अब हम लौ के स्वरूप और शक्ल के विषय में बात करेंगे। प्रकाश-बत्ती के पदार्थ की वह अवस्था, जो यह इसकी रुई के ऊपर ग्रहण कर लेता है, हमारे अध्ययन का विषय होगा। इसी माध्यम से यह उस सुन्दर प्रकाश को जन्म देती है, जो केवल प्रकाश-बत्ती की लौ से मिल सकता है। स्वर्ण, या रूबी और हीरे जैसे जवाहरात इसकी चमक का मुकाबला नहीं कर सकते। क्या हीरा लौ की तरह चमक सकता है? लौ अंधेरे में चमकती है, लेकिन हीरा तभी चमक सकता है जब लौ का

प्रकाश उस पर पड़े। केवल प्रकाश-बत्ती स्वयं अपनी चमक से चमकती है और स्वयं को तथा उन सब को जिन्होंने इसे बनाने और जलाने का कार्य किया है, अपनी रोशनी देती है। अब हम लौ की शक्ल का अध्ययन करेंगे, जैसी वह काँच की चिमनी के अंदर दिखती है। यह शक्ल चित्र में दिखाई गई शक्ल से मिलती है, यद्यपि बातावरण के प्रभाव से, या माप के अनुसार इसमें कुछ बदलाव आ सकता है। यह आयताकार शक्ल की, नीचे की अपेक्षा ऊपर अधिक चमकीली दिखती है। रुई की बत्ती इसके मध्य में रहती है। इसका निचला भाग अपेक्षाकृत अंधकार पूर्ण होता है और इस भाग में ऊपर की अपेक्षा दहन अपूर्ण रहता है। यहाँ, हुकर द्वारा कई वर्ष पहले बनाया गया चित्र प्रस्तुत है, जो उसने लौ का अध्ययन करते समय बनाया था। यह लैंप की लौ का चित्र है, लेकिन प्रकाश-बत्ती की लौ पर भी लागू होता है। प्रकाश-बत्ती के प्याले की तुलना, लैंप के बर्तन से और द्रवित स्पर्मासेटी की इसके तेल से की जा सकती है। रुई



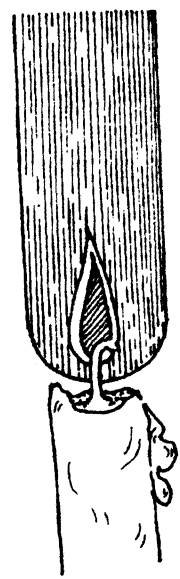
चित्र - 2

की बत्ती दोनों ही में है। इसके ऊपर चित्रकार छोटी सी लौ, और उससे भी ऊपर पदार्थ की कुछ मात्रा चित्रित करता है। यह पदार्थ वास्तव में यहाँ विद्यमान है, यद्यपि यह दिखाई नहीं पड़ता। यदि आप यहाँ न आते तथा विषय से अपरिचित होते, तो इससे अनभिज्ञ बने रहते। उसने इस चित्र में लौ के चारों ओर के वातावरण का वह भाग भी चित्रित किया है, जिसका वहाँ होना लौ के लिये अनिवार्य है, यह इसके साथ सदा विद्यमान होता है। जो लौ यहाँ चित्रित है वह उस प्रवाह से ऊपर फैलती है, जो हुकर ने प्रवाह की लम्बाई द्वारा प्रदार्शित किया हैं, आप यह प्रज्जवलित प्रकाश-बत्ती को धूप में रखकर देख सकते हैं। कितनी विचित्र बात है कि यद्यपि इस बत्ती में और वस्तुओं की परछाई बनाने योग्य पर्याप्त प्रकाश है, धूप में यह स्वयं किसी सफेद कागज या कार्ड पर अपनी परछाई छोड़ती है। इस परछाई में आप इस लौ के चारों ओर निकलते हुए उस अंश को भी देख सकते हैं जो इससे अलग है, लेकिन इसके पदार्थो ऊपर की ओर खींचता है। यहाँ मैं धूप के स्थान पर, वोल्टिक बैटरी द्वारा प्रकाशित लैंप इस्तेमाल करूँगा। सूर्य की जगह इस्तेमाल होने वाले, इस प्रकाशवान लैंप और कागजी पर्दे के बीच में प्रकाश-बत्ती रखने पर हम लौ की परछाई देख सकते हैं। इसे ध्यान-पूर्वक देखने पर आप इसमें प्रकाश-बत्ती और उस की रुई की बत्ती की छाया देख सकते हैं। इसके अतिरिक्त इसमें लौ के अपेक्षाकृत अंधकारपूर्ण भाग भी और स्पष्ट रूप में देखें जा सकतें हैं (जो चित्र 3 में चित्रित हैं)। लेकिन यह आश्चर्य की बात है कि परछाई में जो भाग हमें अंधकारपूर्ण दिखता है, वह वास्तव में प्रकाश-बत्ती का सबसे चमकदार भाग है। चित्र में आप ऊपर की ओर बढ़ती हुई गर्म हवा की धारा भी देख सकते हैं, जिसे हुकर ने प्रदर्शित किया था, और जो लौ को ऊपर की ओर फैलाती है, इसे हवा प्रदान करती है और द्रवित ईंधन के प्याले के किनारों को ठंडा रखती है।

अब मैं इस हवा के बहाव के कारण लौ के ऊपर-नीचे होने की प्रक्रिया का अधिक विस्तृत वर्णन प्रस्तुत कर सकता हूँ। यह प्रस्तुत लौ प्रकाश-बत्ती की नहीं है, लेकिन मुझे विश्वास है अब आप विषय का व्यापकीकरण कर सकते हैं। जो प्रयोग मैं अब प्रस्तुत करूँगा उसमें ऊपर उठने वाली हवा की धारा को (जिससे लौ ऊपर की ओर बढ़ती है) नीचे उतरने वाली धारा में परिवर्तित करूँगा। यह मैं आपके समक्ष प्रस्तुत उपकरण द्वारा सरलता से कर सकता हूँ। जैसा मैने अभी कहा, यह लौ प्रकाश-बत्ती की नहीं है बल्कि एल्कोहल के जलने से प्राप्त हुई है, और इसमें अधिक धुंआ नहीं होगा। अकेली स्प्रिट की लौ को भली-भाँति देखना और इसके फैलाव का अध्ययन कर सकना कठिन है, अत: इसमें मैने एक और पदार्थ मिला दिया है जिससे

चित्र - 3

यह रंगीन हो गयी है।* एल्कोहल की यह लौ, हवा में स्वाभाविक ढंग से ऊपर की ओर उठती है। अब आप यह भली-भाँति जान चुके है कि सामान्य परिस्थितियों में लौ ऊपर की ओर क्यों उठती है, यह हवा के उस प्रवाह के कारण होता है जिसकी सहायता से यह प्रज्जवलित होती हैं । लेकिन मैं इसमें फूँक मार कर, इसे (छोटी चिमनी के अंदर) नीचे की ओर मोड़ सकता हूँ, क्योकि इससे हवा के प्रवाह की दिशा बदल गई। यह व्याख्यान माला समाप्त करने से पहले मैं आपको एक ऐसा लैंप दिखाऊँगा जिसमें लौ ऊपर की ओर, पर धुंआ नीचे की ओर, या इसके विपरीत लौ नीचे की ओर और धुंआ ऊपर की ओर फैलता है। इस प्रकार हम लौ की दिशा बदल सकते हैं।

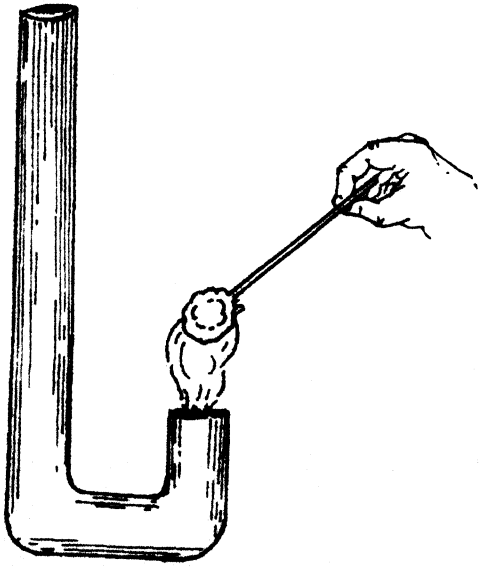


चित्र -4

---

* एल्कोहोल में धुले हुए ताँबे के क्लोराईड के कारण हमें सुन्दर हरे रंग की प्रकाश बत्ती मिलती है ।

अब मैं आपके सामने इस विषय की कुछ अन्य बातें प्रस्तुत करना चाहता हूँ। जो अनेक लौएं आप देखते हैं, उनकी शक्ल चारों ओर की हवा की धाराओं से बहुत बदलती रहती हैं, लेकिन यदि लौएं जलायें जो स्थिर हों और उनकी फोटो लें, तो हम इसके एक स्थाई रूप का अध्ययन कर सकेंगे। इसके अतिरिक्त यदि हम किसी बड़ी लौ का अध्ययन करें तो पायेंगे कि वह समरूपी नहीं है और उसकी शक्ल परिवर्तनीय है, मानों उसमें भी कोई विचित्र जीवन-शक्ति हो। मैं अब एक ऐसी लौ प्रस्तुत करूँगा जो एक भिन्न प्रकार के ईंधन से प्राप्त हुई है, लेकिन फिर भी वह मोम अथवा वसा की प्रकाश-बत्तियों की लौ के समान है। देखिये, यह एक रुई का गोला है, जो रुई की बत्ती की ही तरह कार्य करेगा। इसे मैं स्प्रिट में डुबो कर



चित्र -5

प्रज्जवलित कर रहा हूँ, यह साधारण प्रकाश-बत्ती से किस प्रकार भिन्न है? इसकी एक भिन्नता तो अत्यन्त स्पष्ट है। प्रकाश-बत्ती की अपेक्षा यह कहीं अधिक सजीव और शक्तिशाली है। इसमें आपको लौ की अनेक जिह्वायें-सी ऊपर उठती दिखती हैं। यद्यपि नीचे से ऊपर तक लौ की बनावट सामान्य होती है, इसमें अनेक जिह्वाओं में बंट जाने की विशेष क्षमता है (जो साधारण प्रकाश-बत्ती में नहीं होती)।

ऐसा क्यों है? यह मैं आप को समझाऊँगा, और यदि आप यह भली-भाँति समझ गये तो मेरी आगे की बात सरलता से समझ जायेंगे। मेरा अनुमान है कि आप में से कुछ ने वह प्रयोग स्वयं किया होगा जो मैं अब आप को दिखाऊँगा। क्या मेरा यह अनुमान सही है? यहाँ पर उपस्थित किसी न किसी ने स्नैपड्रैगन[13] का खेल अवश्य खेला होगा। लौ के दर्शन को समझाने के लिये इससे अच्छा दृष्टांत मिलना कठिन हैं। जब आप यह खेल खेलते हैं तो आपको एक भली-भाँति गर्म की हुई तश्तरी, कुछ गर्म आलूचों (प्लम) कुछ गर्म ब्रांड़ी की आवश्यकता पड़ती है (जो मेरे पास नहीं है)। जब आप स्पिरिट (ब्रांडी) तश्तरी में डाल देते है, तो इनसे आपको (प्रकाश-बत्ती का)

चित्र-6

प्याला और ईंधन मिल जाता है और यह आलुचे (प्लम) रुई की बत्ती का कार्य करते हैं। अब मैं इन आलूचों को तश्तरी में डालता हूँ। आप लौ की उन जिह्वाओं को स्पष्ट देख सकते हैं जिनका उल्लेख मैं कर चुका हूँ। यहाँ तश्तरी के किनारों के ऊपर से आती हुई हवा ही इन जिह्वाओं को बनाती हैं। क्यों? क्योकि हवा के प्रवाह की शक्ति और लौ की क्रिया की अनियमितता के कारण वह समान धाराओं में प्रवाहित नहीं हो पाती। इसका बहाव इतना अनियमित होता है कि लौ आपको अनेक जिह्वाओं में बंटी हुई प्राप्त होती है, जिन सबका अपना अलग अस्तित्व है और एक अकेली लौ नहीं मिल पाती। मैं कह सकता हूँ कि इस प्रयोग में आपको अनेक स्वतंत्र प्रकाश-बत्तियों का समूह मिलता है। इन सबको एक साथ देखकर आप यह न सोचिये कि इस लौ का स्वरूप ही ऐसा है, ऐसी लौ का स्वरूप कभी भी एक जैसा नहीं बना रहता। रुई की गेंद से उठने वाली लौ (जो आपने अभी देखी) का स्वरूप, वास्तव में स्थिर नहीं होता। इसमें अनेक आकारों के झुंडों का समावेश होता है, जो लगातार इतनी तेजी से स्वरूप बदलते रहते हैं कि आँख उनका एक समन्वित रूप ही देख पाती है। कभी पहले मैंने इस विशेष प्रकार की सामान्य लौ की बनावट की विवेचना की थी। चित्र में इसके वह भिन्न-भिन्न भाग दिखाये गये हैं, जिनसे यह निर्मित होती है। यह स्थाई नहीं होते, और किसी एक समय पर एक साथ विद्यमान नहीं होते, लेकिन उत्तरोत्तर इतनी तेजी से एक के बाद एक प्रस्तुत होते हैं कि हमें एक साथ विद्यमान लगते हैं। यह खेदपूर्ण है कि इस व्याख्यान में मैं स्नैपड्रैगन के खेल से और आगे नहीं बढ़ सका, लेकिन मैं आपको निर्धारित समय के बाद और रोकना नहीं चाहूँगा। भविष्य में मैं इस बात का ध्यान रखूँगा कि आपका बहुत अधिक समय दृष्टांतो में न लेकर, विषय के दर्शन पर अधिक केन्द्रित रहूँ।

व्याख्यान - II

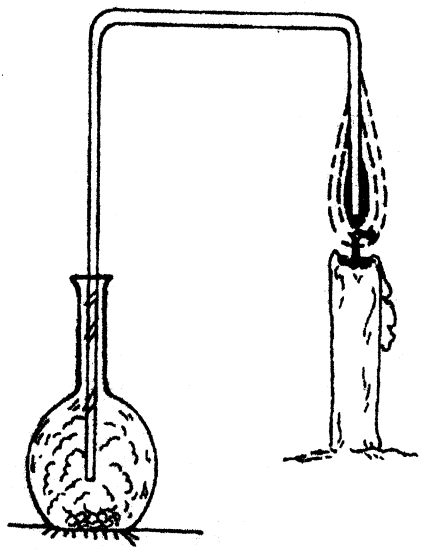
प्रकाश बत्ती : लौ की चमक-ज्वलन में हवा की आवश्यकता-जल का निर्माण

व्याख्यान - II

पिछले व्याख्यान में हमने प्रकाश-बत्तियों के ज्वलनशील द्रवों के सामान्य चरित्र और विन्यास तथा उसके प्रज्वलित-स्थान पर पहुँचने की प्रक्रिया पर विचार किया था। आपने देखा कि जब कोई प्रकाश-बत्ती सामान्य और स्थिर वातावरण में जलती है तो इसकी लौ का आकार चित्र में दिखाये गये आकार जैसा होता है। यह लगभग समरूपी दिखती है, यद्यपि इसका चरित्र बहुत विचित्र होता है। अब मैं आपका ध्यान इस प्रश्न की ओर आकर्षित करूँगा कि लौ के विशिष्ट भागों में क्या कुछ घटता है, यह क्यों घटता है और पूरी बत्ती अंततः कहाँ विलुप्त हो जाती है। आप जानते ही हैं कि यदि प्रकाश-बत्ती ठीक जले तो पूर्णतः नष्ट हो जाती है और कोई अवशेष या राख आदि नहीं छोड़ती। यह वास्तव में बड़ी विचित्र बात है। अतः इसका अध्ययन करने के लिये मैंने एक उपकरण की व्यवस्था की है। अब आप इसका उपयोग देखेंगे। मैं इस ट्यूब का सिरा इस प्रकाश-बत्ती की लौ के मध्य में डाल रहा हूँ। यह वह भाग है जिसे हुकर ने अपने चित्र में कुछ अंधकार-पूर्ण दिखाया था और जिसे आप ध्यानपूर्वक देखने पर सदा देख सकते हैं। हम इस अंधकार-पूर्ण भाग का अध्ययन सबसे पहले करेंगे।

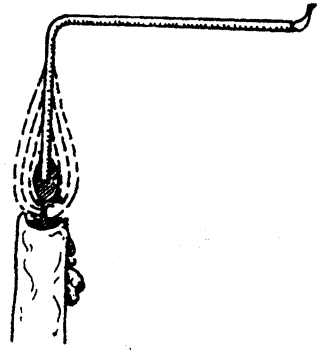
अब मैं यह मुड़ी नली लौ के इस भाग के अंदर डाल रहा हूँ। आप तुरन्त यह देखते हैं कि लौ से कुछ चीज नली के दूसरे सिरे पर बाहर आ रही है। अब यदि मैं नली के इस सिरे को एक फ्लास्क में डाल दूँ और कुछ समय तक इसे ऐसे ही रहने दूँ, तो आप देखेंगे कि लौ के मध्य भाग से कुछ खिंच कर नली में आ जाता है और हवा की अपेक्षा अत्यंत भिन्न

प्रतीत होता है। यह न केवल नली के दूसरे सिरे से बाहर निकलने लगता है, बल्कि फ्लास्क की तली पर किसी भारी पदार्थ की तरह गिरने लगता है (जो यह वास्तव में है)। इससे हमें पता चलता है कि यह मोमबत्ती का मोम है जो एक वाष्पीय द्रव में परिवर्तित हो जाता है (गैस नहीं)। आपको वाष्प और गैस के अंतर को समझ लेना चाहिये : गैस स्थाई रूप से वाष्प बनी रहती है, जबकि वाष्प संघनित (कन्डेन्स) हो जाती है। प्रकाश-बत्ती को बुझा देने पर आप दुर्गन्ध महसूस करते हैं। यह वाष्प के संघनित होने से आती है। यह गंध लौ के बाहर की गंध से भिन्न है। इसे और भली-भांति समझाने के लिये



चित्र - 7

मैं इस वाष्प के एक बड़े अंश को जला रहा हूँ, जो प्रकाश-बत्ती में कम मात्रा में है, उसे दार्शनिक के नाते हमें आवश्यकतानुसार अधिक मात्रा में प्राप्त करना होगा, जिससे इसके विभिन्न भागों का परीक्षण किया जा सके। अब श्री एन्डरसन मुझे कोई उपयुक्त तापीय साधन उपलब्ध करायेंगे और मैं आपको दिखाऊँगा कि वह वाष्पीय पदार्थ क्या है। इस काँच के फ्लास्क में कुछ मोम है। मैं इसे गर्म करूँगा, क्योंकि मोमबत्ती की लौ का अंदरूनी भाग गर्म होता है और उसमें बत्ती होती है। {व्याख्यानदाता ने कुछ मोम फ्लास्क में डाल कर उसे लैंप पर रखकर गर्म किया।} मेरे विचार से अब यह पर्याप्त गर्म हो गया है। आप देख सकते हैं कि जो मोम मैंने इस फ्लास्क में डाला था द्रव बन गया है, और इस में से कुछ धुंआ निकल रहा है। अब बहुत जल्दी इसमें से वाष्प उठने लगेगी। मैं इसे कुछ और अधिक गर्म करता हूँ ; इससे वाष्प की मात्रा बढ़ जाती है। अब मैं इस वाष्प को फ्लास्क से किसी बर्तन में डालकर इसे प्रज्वलित कर सकता हूँ। इस प्रकार यह सिद्ध होता है कि यह वाष्प ठीक वैसी है जैसी मोमबत्ती के मध्य में होती है। इस पर आप नि:संशय विश्वास कर सकते हैं। आइये परीक्षण करें कि



चित्र - 8

क्या फ्लास्क में वह ज्वलनशील पदार्थ विद्यमान नहीं है जो मोमबत्ती के मध्य में होता है। {उस फ्लास्क को जिसमें मोमबत्ती से नली अंदर डाली गई थी लेकर उसमें प्रज्वलित पतली मोमबत्ती डालते हुए} देखिये, यह किस प्रकार जलता हैं, यह ज्वलनशील वाष्प यहाँ मोमबत्ती के मध्य से ही आई है जो इसकी आपनी गर्मी से उत्पन्न हुई। यह मोमबत्ती की ज्वलन-प्रक्रिया के दौरान मोम के होने वाले अनेक परिवर्तनों में पहला है। हम सावधानी से लौ के मध्य में एक और पतली नली इस प्रकार डाल सकते हैं, जिससे वहाँ विद्यमान मोम की वाष्प नली के दूसरे छोर तक ले जाई जा सकती है, और वहाँ उसे जलाया जा सकता है। इस प्रकार हम मोमबत्ती की लौ उससे काफी दूरी पर भी प्राप्त कर सकते हैं। बताइये क्या यह प्रयोग अत्यंत सुन्दर नहीं है? इससे आप देख सकते हैं कि मोमबत्ती के जलने में दो प्रकार की प्रक्रियाएँ हैं : पहली मोम की वाष्प का बनना, दूसरी उसका जलना और यह दो प्रक्रियाएँ मोमबत्ती के विशिष्ट भागों में होती हैं।

लौ के उस भाग से जिसमें यह वाष्प पहले ही जल चुकी है मुझे कोई वाष्प प्राप्त नहीं हो सकेगी। यदि हम नली को लौ में कुछ ऊपर उठा लें (चित्र 7) तो जो कुछ बाहर आयेगा वह अब ज्वलनशील नहीं होगा, क्योंकि यह पहले ही जल चुका है। आखिर यह जला कैसे? यह ऐसे क्यों जला? मोमबत्ती में इसकी बत्ती के पास यह ज्वलनशील वाष्प विद्यमान है ,जबकि लौ के चारों ओर हवा है। हम देखेंगे कि यह हवा ज्वलन के लिये आवश्यक है। ईंधन और हवा इन दोनों के बीच एक प्रबल रासायनिक क्रिया होती है और दोनों एक दूसरे को परिवर्तित करते हैं। हमें इससे प्रकाश मिलता है, लेकिन अंदर की वाष्प नष्ट हो जाती है। जब आप यह जानने का प्रयास करेंगे कि मोमबत्ती में ताप किस स्थान पर है, तो यह जानकर आपको आश्चर्य होगा यह एक विशिष्ट प्रकार से व्यवस्थित है। यदि मैं

इस लौ के पास एक कागज लाऊँ तो उसे ताप इसके किस भाग में मिलेगा? आप देख सकते हैं कि ताप लौ के मध्य भाग में नहीं है। यह इसके बाहर उस घेरे में है जहाँ (जैसा मैंने अभी बताया) रासायनिक क्रिया हो रही है और इस प्रयोग में भी (जो मैंने अधिक व्यवस्थित रूप में प्रस्तुत नहीं किया है) आप देख सकते हैं, कि, यदि हम लौ को अधिक आन्दोलित न करें, तो इसके चारों ओर सदा एक घेरा विद्यमान होता है। घर पर करने के लिये यह एक अच्छा प्रयोग है। कागज की एक पट्टी ले लीजिये, कमरे की हवा को स्थिर बना रहने दीजिये और इस पट्टी को लौ के ठीक मध्य में डाल दीजिये। (ध्यान पूर्वक प्रयोग करने के लिये मुझे इस समय बात नहीं करनी चाहिये।) आप देखेंगे कि कागज लौ के दो भागों में जलने लगता है, लेकिन लौ के मध्य भाग में यह बिलकुल नहीं जलता, या बहुत कम जलता है।

यह बात हमारे लिये इस विषय को और आगे बढ़ाने के लिये अत्यंत महत्वपूर्ण है। ज्वलन के लिये हवा परम आवश्यक है और यह हवा ताजी होनी चाहिये, अन्यथा हमारा तर्क और प्रयोग ठीक नहीं होगा। देखिये यह हवा से भरा जार है। इसे प्रकाश-बत्ती के ऊपर ढक दीजिये। आप देखेंगे यह शुरू में ठीक से जलती है, जिससे यह सिद्ध होता है कि जो मैंने अभी कहा, वह सच है। लेकिन बहुत शीघ्र आप इसकी लौ में परिवर्तन देखेंगे। देखिये यह लौ अब किस प्रकार ऊपर की ओर खिंच रही है, अब यह मंद पड़ रही है, और अंत में बुझ जाती है। आखिर यह क्यों बुझ जाती है? इसलिये नहीं कि इसे केवल हवा की आवश्यकता है-- हवा तो जार में अभी भी है, किन्तु इसका कुछ भाग परिवर्तित हो गया है, और शेष भाग अभी भी विद्यमान है। लेकिन इसमें वह ताजी हवा पर्याप्त मात्रा में नहीं है जो प्रकाश-बत्ती के जलने के लिये आवश्यक है। यह सब तथ्य हम रासायनिक वैज्ञानिकों को एकत्रित कर लेना चाहिये। अब यदि

हम इस घटना-प्रक्रिया को और निकटता से देखें तो हम अत्यंत रोचक तर्कों का क्रम देख सकते हैं। देखिये यह एक तेल का लैंप है, जो मैंने आपको दिखाया था। हमारे प्रयोग के लिये यह एक बहुत अच्छा लैंप है, पुराना आरगैंड लैंप [14]। मैं अब {लौ के मध्य में हवा के रास्ते को रोककर} इसे प्रकाश-बत्ती का रूप दे देता हूँ। इसमें रुई है, इस पर ऊपर चढ़ता हुआ तेल है, शंकुरूपी लौ है। यह ठीक से नहीं जल रही है, क्योंकि हवा की आंशिक रुकावट है। मैंने लौ के बाहरी भाग में चारों ओर इसे जीवित रखने वाली हवा को वहाँ नहीं पहुँचने दिया है और इसीलिये यह ठीक से जल नहीं पा रही है। मैं इसमेंऔर अधिक हवा नहीं पहुँचा सकता क्योंकि इसकी बत्ती बहुत बड़ी है। लेकिन आरगंड की तरह यदि मैं लौ के बीच के भाग में हवा का रास्ता खोल दूँ, तो यह बहुत सुंदर ढंग से जलने लगेगी। अगर मैं हवा का प्रवेश बंद कर दूँ तो यह धुंआ देने लगती है। आखिर क्यों? अब हमारे समक्ष अनेक अत्यंत रोचक बातें अध्ययन के लिये प्रस्तुत हो जाती हैं। यह हैं : प्रकाश-बत्ती का प्रज्वलन, हवा की कमी से इसका बुझ जाना और अब यह अपूर्ण ज्वलन की बात। यह इतनी रोचक है कि मैं चाहता हूँ इसे आप उसी प्रकार भली-भांति समझ लें जैसे प्रकाश-बत्ती का सर्वोत्तम ढंग से जलना। मैं अब बहुत बड़ी लौ जलाऊँगा, क्योंकि अपने इस अध्ययन के लिये हमें अधिक से अधिक दृष्टान्तों की आवश्यकता है। देखिये, यह एक बहुत बड़ी बत्ती है, टरपेन्टाइन से भीगी प्रज्वलित रुई की एक गेंद [15]। यह भी प्रकाश-बत्तियों के समान समझी जा सकती है। यदि बत्ती बहुत बड़ी है तो इसके लिये अधिक हवा आवश्यक होगी, अन्यथा ज्वलन-प्रक्रिया अपूर्ण रह जायेगी। अब आप वातावरण में उठते हुए इस काले पदार्थ की ओर ध्यान दीजिये जिसका नियमित प्रवाह उठ रहा है। मैंने अपूर्ण रूप से जले भाग को हटाने की व्यवस्था कर दी है, जिससे यह इस अध्ययन में उलझन प्रस्तुत न करे। लौ

से जो कालिख उठ रही है, उसे देखिये। देखिये यह प्रज्वलन कितना अपूर्ण है। यह हवा की अपर्याप्तता के कारण है। इस प्रक्रिया में आखिर हो क्या रहा है? बात स्पष्ट है, प्रज्वलन प्रक्रिया के आवश्यक तत्वों के अभाव के परिणाम-स्वरूप ही अत्यंत हीन प्रकार का ज्वलन मिल रहा है। लेकिन हम प्रकाश-बत्ती को पर्याप्त हवा के वातावरण में जला कर भी देख चुके हैं। जब मैंने आपको लौ के चारों ओर के घेरे में कागज का जलना दिखाया था, तो शायद मैंने इसे पलट कर यह भी दिखाया था कि प्रकाश-बत्ती की ज्वलन-प्रक्रिया में भी इसी प्रकार का काला पदार्थ, चारकोल अथवा कार्बन उत्पन्न होता है।

लेकिन इसे दिखाने से पहले आवश्यक है कि मैं आपको समझा दूँ कि, यद्यपि प्रकाश-बत्ती के जलने और इसकी लौ को, मै ज्वलन-प्रक्रिया के व्यापक उदाहरण के रूप में प्रस्तुत करता रहा हूँ, हमारे लिये यह जानना आवश्यक है कि लौ का क्या केवल एक यही रूप है या इसकी कुछ अन्य दशायें भी हो सकती हैं। हमें बहुत शीघ्र ही पता चल जायेगा कि इसकी अन्य दशायें भी हैं, और ये बहुत महत्वपूर्ण हैं। बच्चों के रूप में हमें यह प्रदर्शित करने के लिये, एक पूर्णत: भिन्न उदाहरण बारूद का है। देखिये, यह कुछ बारूद [16] है। आप जानते हैं कि बारूद भी एक ऐसे रूप में जलता है जिसे लौ कह सकते हैं। इसमें भी कार्बन और ऐसी अन्य सामग्री है जो मिलकर लौ के रूप में जलती है। और यह कुछ लोहे का चूर्ण या छीलन है। इस खरल में मैं दोनों को मिश्रित करूँगा। (यह प्रयोग करने से पहले मैं आशा करता हूँ कि आप में से कोई केवल कौतुक के लिये इस प्रयोग को दोहरा कर कोई हानि नहीं कर बैठेंगे। यह वस्तुएँ सावधानी-पूर्वक प्रयुक्त होने पर उपयोगी हैं, किन्तु समुचित सावधानी के अभाव में अत्यंत हानिप्रद हो सकती हैं।) खैर, यह थोड़ा बारूद है, जो मैं इस लकड़ी के बर्तन में रख रहा हूँ और

इसमें लोहे की छीलन मिश्रित कर रहा हूँ। मेरा उद्देश्य बारूद द्वारा छीलन में आग लगाना और उसे हवा में जलाना है। इससे मैं लौ के रूप जलने वाली ज्वलन-प्रक्रिया और लौ-रहित ज्वलन का अंतर प्रदर्शित करना चाहता हूँ। देखिये यहाँ, यह मिश्रण है; इसे जलते समय ध्यान से देखिये : आप देखेंगे कि इसकी ज्वलनशीलता दो प्रकार की होती है; बारूद लौ के रूप में जलता है और लोहे की छीलन को छितरा देता है। छीलन के टुकड़ों को भी आप जलते हुए देखेंगे, लेकिन यह जलना लौ-रहित होगा। वह सब अलग-अलग जलेंगे। {व्याख्यादाता ने मिश्रण को जला दिया} इस प्रकार दोनों के ज्वलन में हम विभिन्नतायें देखेंगे। इन पर ही लौ की उपयोगिता और सुंदरता निर्भर है, जिसका उपयोग हम उससे प्रकाश प्राप्त करने में करते हैं। हम जब तेल, प्रकाश-बत्तियाँ, अथवा गैस, प्रकाश के लिये इस्तेमाल करते हैं, उनकी उपयुक्तता इन दो विभिन्न प्रकार की ज्वलनशीलताओं पर निर्भर करती है।

लौ की ऐसी विचित्र एवं विभिन्न दशायें होती हैं कि उनकी ज्वलनशीलता के ढंग की पहचान के लिये विशेष चतुराई आवश्यक है। उदाहरण-स्वरूप यह एक चूर्ण है जो अत्यंत ज्वलनशील है लेकिन जिसमें अलग-अलग कणिकायें हैं। इसे लाइकोपोडियम* कहते हैं। इसकी प्रत्येक कणिका वाष्प उत्पादित कर सकती है, और अलग-अगल अपनी लौ निर्मित कर सकती है। लेकिन उन्हें जलते देख कर आपको ऐसा लगेगा मानो केवल एक ही लौ हो। मैं अब इसकी कुछ मात्रा जलाऊँगा और आप इसका प्रभाव देखेंगे। हमें लौ का एक ऐसा बादल सा दिखाई

---

* लाइकोपोडियम पीले रंग का चूर्ण होता है जो एक प्रकार की काई (क्लब मॉस) लाइकोपोडियम क्लैवेटम से प्राप्त होता है। यह आतिशबाजी में इस्तेमाल किया जाता है।

देगा जिसका स्वरूप केवल एक है। लेकिन इसके साथ उठती हुई आवाज {दहन के कारण उत्पन्न आवाज का उल्लेख करते हुए} इसका प्रमाण है कि यह प्रक्रिया नियमित तथा एक-सार नहीं है। यह ज्वलनशीलता मूक-अभिनय दृष्यों (पैन्टोमाइमों [17]) में बिजली चमकने जैसी है, जिसकी वह अच्छी-खासी नकल है। {इस प्रयोग को काँच की नली द्वारा लाइकोपोडियम चूर्ण को स्प्रिट की लौ के बीच में फूँक कर दो बार दिखाया गया।} लेकिन यह ज्वलनशीलता लोहे की छीलन की ज्वलनशीलता से भिन्न है, जिसकी बात मैंने अभी की थी और आगे भी कर रहा हूँ।

यदि मैं किसी प्रकाश-बत्ती के उस भाग का निरीक्षण करूँ, जो सर्वाधिक चमकदार दिखता है, तो इसी में वह काले कण मिलेंगे जो आप कई बार लौ से निकलते हुए देख चुके है। मै इन्हें एक दूसरी विधि से भी प्राप्त करूँगा। मैं यह प्रकाश-बत्ती लेकर इसके चारों ओर की गंदगी हटा देता हूँ, जो हवा की धारा द्वारा वहाँ आ जाती है। अब यदि मैं एक काँच की नली को लौ के चमकीले भाग में इस प्रकार रखूँ कि केवल उसका सिरा इसमें डूबे (पिछले प्रयोग ही की तरह, लेकिन कुछ ऊपर) तो आप इसका परिणाम देख सकते हैं। उस सफेद वाष्प के स्थान पर जो पहले आपने देखी थी, अब आपको काली वाष्प प्राप्त होगी। देखिये, यह कैसी काली स्याही सी निकल रही है। यह पहले की श्वेत भाप से निश्चित रूप से बहुत भिन्न है। यदि हम इसे जलाने का प्रयास करें तो देखेंगे कि यह प्रज्वलित नहीं होती बल्कि ज्वाला को बुझा देती है। वास्तव में यह कण, जैसा मै पहले कह चुका हूँ, केवल प्रकाश-बत्ती का धुंआ मात्र हैं। यह बात हमें डीन स्विफ्ट द्वारा इसके उस उपयोग की याद दिलाता है, जो उन्होंने अपने नौकरों को सुझाया था। उन्होंने इस सुझााव में प्रकाश-बत्ती से (मनोविनोद के लिये) कमरे की छत पर लिखने की बात सुझााई थी। लेकिन यह काला पदार्थ है क्या? स्पष्ट है कि यह वही कार्बन है जो प्रकाश-बत्ती में

विद्यमान है। यह प्रकाश-बत्ती से बाहर कैसे आता है? यह निश्चित रूप से प्रकाश-बत्ती में पहले ही विद्यमान था, अन्यथा हमें यह यहाँ न मिलता। अब मै चाहता हूँ कि आप मेरी यह व्याख्या समझने का प्रयास करें। शायद ही आप उन सब पदार्थों को जो कालिख के रूप में लन्दन के वातावरण में फैले हैं, लौ की सुन्दरता और सजीवता का स्रोत मान सकेंगे। वास्तव में यह लौ में लोहे की छीलन की तरह जल रहे हैं। देखिये, यह एक लोहे की जाली का टुकड़ा है जो लौ को अपने आर-पार नहीं निकलने देता। आप देखेंगे कि यदि मैं इसे लौ में पर्याप्त नीचे तक लाऊँ, तो यह बहुत शीघ्र बुझ जाती है, यद्यपि पहले यह सर्वाधिक प्रकाशमान थी। यह जाली इसे तुरन्त शान्त कर, बुझा देती है, और इस प्रक्रिया में बहुत सा धुंआ ऊपर उठता है।

अब मैं चाहता हूँ कि आप यह समझ लें कि जब कोई पदार्थ जलता है, उदाहरणस्वरूप लोहे की छीलन, जो बारूद की लौ की सहायता से, बिना वाष्प में परिवर्तित हुए जली थी (पदार्थ चाहे द्रवित हो या ठोस बना रहे) यह अत्यंत प्रकाशमान बन जाता है। मैंने यह बात समझाने के लिये प्रकाश-बत्ती के अतिरिक्त तीन या चार अन्य उदाहरण भी प्रस्तुत किये हैं। जो बात मुझे कहनी है वह सब पदार्थों पर लागू होती है, ज्वलनशील अथवा अज्वलनशील, और बात यह है कि ठोस बने रहने पर ताप से इनमें चमक उत्पन्न हो जाती है। प्रकाश-बत्ती की चमक भी उसमें ठोस कणों की उपस्थिति के कारण ही होती है।

देखिये, यह प्लैटिनम [18] का तार है। यह एक ऐसा पदार्थ है जो ताप से परिवर्तित नहीं होता। यदि मैं इसे इस लौ में गर्म करूँ तो इसमें कितनी चमक पैदा हो जाती है। अब हम लौ को मन्द कर देते हैं ताकि केवल थोड़ा ही प्रकाश उत्पन्न हो, लेकिन फिर भी आप देखेंगे कि जो ताप यह प्लैटिनम को प्रदान करता है (यद्यपि वह स्वयं उसके ताप से काफी कम है)

उससे यह दीप्तिमान बन जाता है। इस लौ में कार्बन मौजूद है, लेकिन अब मैं ऐसी लौ लूँगा जिसमें कार्बन नहीं होगा। उस बर्तन में एक पदार्थ है, एक अन्य प्रकार का ईंधन, वाष्प या गैस, जो भी आप इसे कहना चाहें। इसमें कोई ठोस कण नहीं है। मैं इसे एक ऐसे उदाहरण के रूप में जला रहा हूँ, जिसमें अग्नि, बिना किसी ठोस पदार्थ को जलाये, उत्पन्न होती है। अब यदि मैं इस ठोस पदार्थ को इसकी आग में डालूँ तो आप देखेंगे कि इसमें कितना अधिक ताप है और यह ठोस में कैसी चमक उत्पन्न करने में सक्षम है। यह वह नली है जिसके द्वारा हम यह विशेष गैस जिसे हम हाइड्रोजन[19] कहते हैं यहाँ ला रहे हैं। इसके संबंध में आपको अगली बार बहुत सी जानकारी प्राप्त होगी। और यह दूसरी गैस आक्सीजन कहलाती है, जिसकी सहायता से हाइड्रोजन जलती है। यद्यपि इन दो गैसों के मिश्रण से प्रकाश-बत्ती की अपेक्षा कहीं अधिक ताप मिलता है,* इसमें प्रकाश बहुत कम होता है[20]। लेकिन यदि मैं ठोस पदार्थ ले कर इस मिश्रण में डाल दूँ तो हम तीव्र प्रकाश उत्पन्न कर सकते हैं। उदाहरणस्वरूप चूने का कोई टुकड़ा, जो स्वयं नही जलता, न ही वाष्प में परिवर्तित होता है, (और इस कारण ठोस और गर्म बना रहता है) तो आप बहुत शीघ्र इसे चमकता हुआ देखेंगे। इस तरह आपने देखा कि यद्यपि आक्सीजन के संपर्क से हाइड्रोजन जलकर बहुत अधिक ताप** उत्पन्न करती है इससे प्रकाश बहुत कम होता है। ऐसा ताप के अभाव के कारण नहीं, बल्कि ऐसे कणों के अभाव से होता है, जो अपना ठोस स्वरूप बनाये रख सकें। लेकिन जब हम आक्सीजन में जलती

---

* बुन सेन की गणना के अनुसार आक्सीहाइड्रोजन ब्लोपाइप का तापक्रम

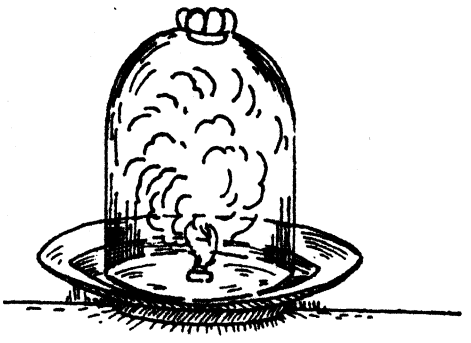
** 80610 सेन्टीग्रेड, हाइड्रोजन के हवा में जलने का तापक्रम 32590 सेन्टीग्रेड, कोयले की गैस के हवा में जलने का तापक्रम 23500 सेन्टीग्रेड होता है।

हुई हाइड्रोजन की लौ में थोड़ा चूना रख देते हैं तो उसका विलक्षण प्रकाश वोल्टायिक प्रकाश का मुकाबला करता है और लगभग सूर्य के प्रकाश जैसा होता है। देखिये यह एक कोयले का टुकड़ा है, यह ऐसे जलता है जैसे प्रकाश-बत्ती का भाग हो। मोमबत्ती की लौ का ताप मोम की वाष्प को वियोजित कर, इससे कार्बन के कणों को अलग कर देता है। यह गर्म हो कर चमकते हुए ऊपर उठते हैं और हवा में प्रवेश करते हैं। लेकिन जलने के बाद यह कार्बन की शक्ल में मोमबत्ती के बाहर नहीं आ सकते। यह जलकर पूर्णत: अदृष्य रूप ग्रहण कर लेते हैं, जिसके संबंध में हम आगे बात करेंगे।

क्या यह विचित्र और सुन्दर नहीं है कि कोयले जैसी गंदी वस्तु इस प्रकार प्रकाशमान हो जाती है। इससे हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि हर प्रकाशमान लौ में ज्वलन के दौरान कुछ ठोस कण उत्पन्न होते हैं- जैसे प्रकाश-बत्ती में या जैसे बारूद में। मैं इसके कुछ और दृष्टांत प्रस्तुत करूँगा। देखिये यह फॉस्फोरस [21]का टुकड़ा है, जो चमकीली लौ के रूप में जलता है। अत: हम यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि फॉस्फोरस ज्वलन प्रक्रिया के दौरान या उसके बाद कुछ ठोस कण प्रस्तुत करेगा। यह जलता हुआ फास्फोरस है। इसे मैं इस काँच से ढक रहा हूँ ताकि इसमें जो कुछ बन रहा है उसे अंदर ही रख सकूँ। अरे! यह धुंआ कैसा है? इस धुंए में ही वह ठोस कण हैं जो फॉस्फोरस के जलने से बने हैं। *देखिये, मेरे पास

---

* पुटासा के क्लोरेट और ऐन्टीमनी के सल्फ्यूरेट पर सल्फ्यूरिक अम्ल की निम्नलिखित क्रिया होती है, जिससे वह जल उठते हैं। पुटासा क्लोरेट का कुछ भाग सल्फ्यूरिक अम्ल की क्रिया से क्लोरीन के ऑक्साइड और पुटासा के बाईसल्फाइट में वियोजित हो जाता है। क्लोरीन का ऑक्साइड ऐन्टीमनी के सल्फ्यूरेट में आग लगा देता है जो एक ज्वलनशील पदार्थ है, और इस प्रकार यह सारा मिश्रण जल उठता है।



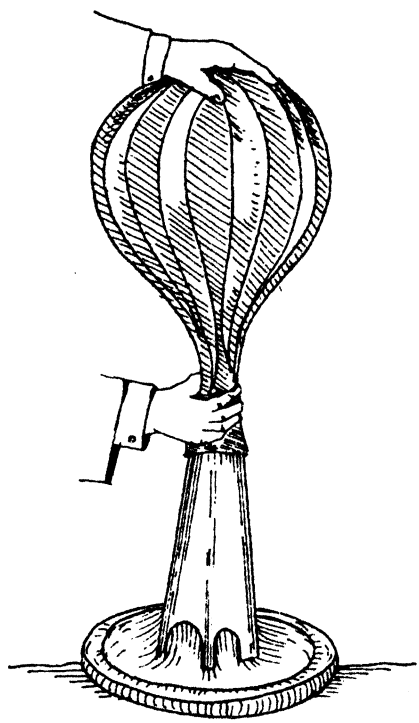
चित्र - 9

यह दो पदार्थ हैं। यह पुटासा का क्लोरेट [22] है और दूसरा एन्टीमनी का सल्फयूरेट [23]। मैं इन दोनों को थोड़ा मिश्रित करूँगा और तब यह कई प्रकार जलाये जा सकेंगे। एक रासायनिक क्रिया का उदाहरण प्रस्तुत करने के लिये मैं इन्हें सल्फ्यूरिक अम्ल की एक बूँद से छू रहा हूँ। ये तुरन्त जलने लगेंगे। {व्याख्यानदाता ने मिश्रण में सल्फ्यूरिक अम्ल से आग लगा दी}[24] आप वस्तुओं के बाहरी स्वरूप से ही यह अनुमान लगा सकते हैं कि क्या ये ज्वलन-क्रिया में कोई ठोस पदार्थ निर्मित करते हैं? मैने तर्कों का क्रम प्रस्तुत कर दिया है जिससे इस प्रश्न का उत्तर आप स्वयं प्राप्त कर सकते हैं। आखिर यह प्रकाशमान लौ ठोस कणों के कारण ही तो है।

श्री एन्डरसन ने इस भट्टी में अत्यन्त गर्म कुल्हिया की व्यवस्था की है। मैं इसमें [25] जस्ते की कुछ छीलन डाल रहा हूँ। यह बारूद जैसी लौ के रूप में जलेगी। मैं यह प्रयोग इसलिये दिखा रहा हूँ कि आप इसे घर पर भी सरलता से कर सकते हैं। अब मैं देखना चाहता हूँ कि जस्ते के जलने का परिणाम क्या होगा। देखिये, यह जल रहा है, प्रकाश-बत्ती की तरह,

सुन्दरता से जल रहा है। लेकिन यह धुंआ कैसा है? और यह ऊन की तरह के बादल क्या है? इन्हे यदि आप शीघ्र पहचान नहीं सकेंगे तो यह आप तक पहुँच जायेंगे, और फिर आप इन्हे 'फिलासोफिक ऊन'[26] के रूप में पहचान लेंगे। मैं चाहता हूँ कि आप इस ऊनी पदार्थ की कुछ मात्रा कुल्हिया में लेकर इस घटना-प्रक्रिया का और बारीकी से अध्ययन, एक और प्रयोग द्वारा घर पर करें । इसमें भी यही घटेगा। यह एक जस्ते का टुकड़ा है और उधर {हाइड्रोजन के जेट की ओर संकेत करते हुए} भट्टी है, जिसमें हम इसे जलाने का प्रयास करेंगे। आप देख रहे हैं - यह चमक रहा है। इसका दहन हो रहा है और यह एक सफेद पदार्थ के रूप में जल रहा है। अब यदि मैं हाइड्रोजन की लौ को प्रकाश-बत्ती का प्रतिनिधि मान लूँ और जस्ते जैसे पदार्थ को जलता हुआ दिखाऊँ तो आप यह समझ जायेंगे कि कि यह केवल दहन के दौरान ही चमकता है, केवल उस समय तक जब तक यह गर्म रखा जाता है। अब मैं हाइड्रोजन की लौ में यह सफेद पदार्थ डाल रहा हूँ। देखिये यह किस प्रकार चमकता है, यह इसलिये कि यह एक ठोस पदार्थ है।अब मैं एक वैसी ही लौ लूँगा जैसी कुछ क्षण पहले ली थी और उससे कार्बन के कण प्राप्त करूँगा। देखिये, यह थोड़ी कैम्फीन है, जो धुंआ देती हुई जलती हैं। लेकिन यदि मैं इस धुंए में उपस्थित कण एक नली द्वारा हाइड्रोजन की लौ में पहुँचा दूँ तो यह वहाँ जलने लगेंगे और प्रकाशमान हो जायेंगे, क्योंकि हम इन्हे दोबारा गर्म कर रहे है। देखा आपने? यह कार्बन के वह कण हैं, जिन्हें दोबारा जलाया गया है। इन कणों के पीछे एक कागज रख कर आप इन्हें देख सकते है। यही वह कण हैं जो लौ में डालने पर उसकी गर्मी से जल उठते हैं, और इस तरह दीप्ति उत्पन्न करते हैं। जब तक यह कण एक दूसरे से अलग नहीं होते यह दीप्ति उत्पन्न नहीं कर पाते। कोयले की गैस[27] की चमक भी इसी प्रकार, जलने पर कार्बन के कणों के अलग-अलग हो जाने

से होती है, और प्रकाश-बत्ती में भी ऐसा ही होता है। इस व्यवस्था को मैं आसानी से बदल सकता हूँ। उदाहरणस्वरूप, यह एक गैस की प्रकाशमान लौ है, यदि मैं इसे इतनी अधिक हवा दूँ कि यह उन कार्बन के कणों को एक दूसरे से स्वतंत्र होने से पहले ही जला दे, तो मुझे ज्योति प्राप्त नहीं होगी। यदि गैस के जेट पर यह तार की जाली की टोपी रख कर, इसे जलाऊँ, तो यह ज्योतिहीन लौ के रूप में जलती है, यह इसलिये कि गैस में जलने से पहले ही पर्याप्त हवा मिश्रित हो जाती है। इस जाली को मैं कुछ ऊपर उठा लूँ तो आप देखेंगे कि इसके नीचे



चित्र - 10

यह नहीं जलती।* गैस में पर्याप्त कार्बन है, लेकिन क्योंकि वातावरण की पहुँच उस तक है, और हवा जलने से पहले ही उसमें मिश्रित हो सकती है, लौ कैसी मंद और नीली प्रतीत होती है, यदि मैं किसी प्रकाशमान लौ में फूँककर हवा प्रविष्ट कराऊँ, जिससे कार्बन प्रदीप्त होने वाले तापक्रम पर पहुँचने से पहले ही जल जाये, तो यह भी नीले रूप में ही जलेगी {व्याख्यानदाता ने अपना कथन गैस के प्रकाश में फूँक मार कर प्रदर्शित किया}। फूँकने पर वैसा प्रकाश न मिल पाने का कारण यह है कि स्वतंत्र अवस्था में आने से पहले ही कार्बन पिघल कर हवा की पर्याप्तता द्वारा पूर्णत: जल जाता है। अंतर केवल ठोस कणों का स्वतंत्र रूप ग्रहण न कर पाना ही है।

आप देख सकते हैं कि प्रकाश-बत्ती के जलने की प्रक्रिया में कुछ पदार्थ उपजते हैं। इनमें से एक है कोयला अथवा इसकी कालिख। इसे जब पुन: जलाया जाता है, तो कुछ और चीजें उपजती हैं। अब हम इस प्रश्न पर विशेष ध्यान देंगे। मैंने यह पहले दिखाया था कि कुछ पदार्थ बाहर हवा में निकल रहा है। अब मैं चाहता हूँ कि आप इसकी मात्रा जान लें। इस उद्देश्य से हम दहन-क्रिया कुछ बड़े पैमाने पर करेंगे। उस प्रकाश-बत्ती से गर्म हवा ऊपर उठ रही है। दो तीन साधारण प्रयोगों से यह स्पष्ट प्रदर्शित किया जा सकता है। लेकिन जो

---

* 'हवा के बर्नर' का कार्य जो प्रयोगशाला में अत्यंत उपयोगी है इसी सिद्धान्त पर निर्भर है। इसमें धातु की एक बेलनाकार चिमनी होती है, जो ऊपर लोहे के तार की एक मोटी जाली से ढकी होती है। यह आरगंड बर्नर के ऊपर इस प्रकार रखी होती है कि गैस कार्बन और हाइड्रोजन से एक साथ मिल सके और कार्बन लौ से अलग हो कर कालिख के रूप में जमा न हो सके। लौ इस जाली को पार न कर पाने के कारण, स्थाई अदृष्य रूप में जलती है।

पदार्थ इस प्रकार ऊपर उठ रहा है उसकी मात्रा का आपको कुछ अनुमान देने के लिये मैं दहन में उपजे पदार्थों को बन्द स्थान में जमा करुँगा। अत: मैं यह आग का गुब्बारा (फायर बैलून)[28] ले रहा हूँ। मैं इसका उपयोग केवल दहन में उपजे पदार्थों को मापने के लिये कर रहा हूँ। अब मैं एक ऐसे साधारण और सरल ढंग से लौ निर्मित करुँगा जिससे मेरा वर्तमान उद्देश्य पूरा हो सके। यह प्लेट प्रकाश-बत्ती के 'प्याले' का काम देगी, यह स्प्रिट ईंधन की आपूर्ति करेगी और इसे अनियंत्रित ढंग से जलाने की अपेक्षा मैं इस पर चिमनी रख दूँगा। श्री एन्डरसन अब ईंधन जलायेंगे। जो पदार्थ हमें अब इस नली के ऊपर मिल रहा है मोटे तौर पर वही है, जो प्रकाश-बत्ती जलाने से मिलता है। लेकिन यहाँ हमें उस जैसी प्रकाशमान लौ प्राप्त नहीं हो रही है, क्योंकि ईंधन की जगह हम ऐसा पदार्थ प्रयुक्त कर रहे हैं, जिसमें कार्बन कम है। अब मैं प्रकाश-बत्ती अथवा इस प्रयोग में निर्मित की गयी इस भट्टी में उपजे पदार्थों का प्रभाव दिखाने के लिये यह गुब्बारा इस चिमनी के ऊपर रख रहा हूँ {गुब्बारे को प्रयोगकर्ता चिमनी के ऊपर पकड़े रहा, जिससे यह शीघ्रता से वहाँ से निकलती हुई गैस से भरने लगा}। आप देख रहे है कि यह किस प्रकार ऊपर उठने का प्रयास कर रहा है, लेकिन हम इसे उठने नहीं देंगे। इससे संभवत: यह ऊपर की उन गैस-बत्तियों से संपर्क स्थापित कर लें, जो सुविधाजनक नहीं होगा। {व्याख्यानदाता के आदेश पर ऊपर की गैस-बत्तियाँ बुझा दी गई और गुब्बारे को ऊपर उठने दिया गया} क्या आपने अब स्पष्ट देख नहीं लिया कि इसमें से निकलने वाले पदार्थ की मात्रा कितनी अधिक है। अब हम इस नली के अंदर प्रकाश-बत्ती से उपजे सब पदार्थ भर रहे हैं। {एक बड़ी काँच की नली प्रकाश-बत्ती के ऊपर रखते हुए} आप अभी देखेंगे कि यह नली अपारदर्शक बन जायेगी। अब अगर घर जा कर आप किसी चम्मच को ठंडी हवा में रखने के बाद प्रकश-बत्ती के ऊपर

रखेंगे, इस प्रकार नहीं कि उस पर कालिख जम जाये, तो आप देखेंगे कि वह इस जार की तरह धुंधला हो गया है। अगर आप चाँदी की तश्तरी या ऐसी ही कुछ और वस्तु लें, तो यह प्रयोग और भी ठीक से होगा। अब मैं आपको अपने अगले व्याख्यान के विषय में बता दूँ। मैं आपको बता दूँ कि इस धुंधलेपन का कारण पानी है। अगली बार मैं आपको दिखाऊँगा कि आप बड़ी सरलता से इसे द्रव में परिवर्तित कर सकते हैं।

व्याख्यान III

उत्पाद : दहन से उत्पन्न पानी-- पानी की प्रकृति-- यौगिक - हाइड्रोजन

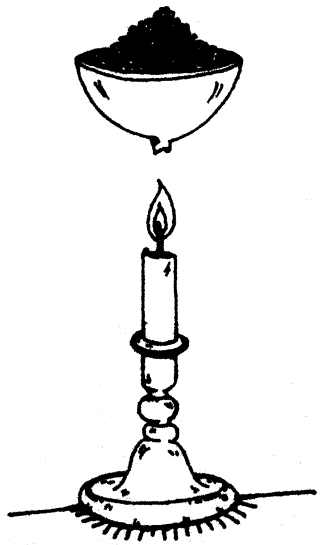
व्याख्यान III

आपको याद होगा, कि मैंने पिछली बार उन उत्पादों का उल्लेख किया था, जो प्रकाश-बत्ती से प्राप्त होते हैं। हमने देखा था कि उचित समायोजन द्वारा हम इससे विभिन्न पदार्थ प्राप्त कर सकते हैं। जब प्रकाश-बत्ती ठीक से जलती है तो एक पदार्थ प्राप्त नहीं होता, कोयला या धुँआ। लेकिन कुछ अन्य ऐसे पदार्थ उत्पन्न होते है जो धुंए रहित अदृष्य रूप में प्रकाश-बत्ती से उठ कर सामान्य प्रवाह में सम्मिलित हो कर बाहर निकल जाते है। कुछ अन्य पदार्थो का उल्लेख भी मैंने किया था। आपको याद होगा, हमने देखा था कि प्रकाश-बत्ती से उपजे इस प्रवाह का कुछ भाग किसी ठंडे चम्मच या साफ प्लेट पर संघनीय था।

हम पहले इस संघनीय भाग की ही चर्चा और परीक्षण करेंगे। यह जान कर शायद आपको आश्चर्य हो कि यह भाग, और कुछ नहीं केवल पानी है। पिछली बार मैंने इस पानी का केवल उल्लेख भर किया था। आज मैं विशेष तौर से इस पर आपका ध्यान केंद्रित करूँगा, जिससे हम इसका परीक्षण विषय के संदर्भ में तथा पृथ्वी पर इसके सामान्य अस्तित्व के संदर्भ में भलीभाँति कर सकें।

मैंने एक ऐसे प्रयोग की व्यवस्था की है जिसमें प्रकाश-बत्ती से उपजे पदार्थों में से पानी को संघनित किया जायेगा। इस प्रकार मेरा प्रयास आपके सम्मुख इस क्रिया का प्रदर्शन करना है। आप सब के सामने एक साथ इसे प्रदर्शित करने का सबसे अच्छा उपाय यह होगा कि इसका कोई अत्यन्त स्पष्ट प्रभाव प्रदर्शित किया जाए, फिर हम इस को उस बूँद पर परखेंगे जो

उस बर्तन की तली में संग्रहित की गई है। देखिये, मेरे पास यह एक रासायनिक पदार्थ है, जिसकी खोज सर हम्फ्री डेवी [29] ने की थी। इसकी पानी से बहुत शक्तिशाली रासायनिक क्रिया होती है। मैं इसे इसकी पहचान के लिये इस्तेमाल करूँगा। यदि मैं इस पदार्थ का एक टुकड़ा लेकर (इसे पुटैशियम [30] कहते है, और यह पुटैश से प्राप्त किया जाता है) उस बर्तन में डाल दूँ, तो आप देखेंगे किस प्रकार यह एक अत्यन्त तीव्र लौ के रूप में जलते हुए तैर कर, पानी की उपस्थिति प्रदर्शित करता है। अब मैं एक प्रकाश-बत्ती इस बर्फ और नमक से भरे बर्तन के नीचे जला रहा हूँ। आप इस की निचली सतह पर संघनित पानी की बूँदें देख सकते हैं। मैं आपको दिखाऊँगा कि इस बूँद की भी पुटैशियम पर वही क्रिया होती है जो उस बर्तन के पानी से हुई थी। देखिये, यह उसी प्रकार आग पकड़ कर जल उठता है। मैं इस काँच के स्लैब पर वैसी ही पानी की बूँद संघनित



चित्र - 11

करूँगा और यह भी उसी प्रकार पुटैशियम की क्रिया से आग पकड़कर पानी की उपस्थिति सिद्ध करेगी। इसी प्रकार, यदि मैं यह स्प्रिट लैंप इस जार के नीचे रख दूँ, तो आप देखेंगे कि जार की तली पर ओस जैसी नमी इकट्ठी हो जाती है। कुछ ही समय में आप पानी की बूँदें नीचे रखे कागज पर गिरते देखेंगे। इस प्रकार आपको पता चलेगा कि दहन द्वारा यह लैंप काफी बड़ी मात्रा में पानी उत्पादित करता है। इस पानी को मैं यहीं रहने दूँगा। इस प्रकार आप बाद में देख सकेंगे कि पानी की कितनी मात्रा इकट्ठी हो गई। अत: यह स्पष्ट है कि यदि मैं गैस-लैंप के ऊपर ठंड की व्यवस्था कर दूँ तो पानी प्राप्त कर सकता हूँ। यही बात गैस के दहन के संबंध में भी लागू होती है। इस बोतल में जो पानी की मात्रा है, पूर्णत: शुद्ध आसवित (डिस्टिल्ड) पानी है, यह गैस लैम्प की दहन-क्रिया से प्राप्त हुआ है। यह बिल्कुल वैसा ही पानी है जैसा आप किसी नदी, समुद्र या झरने के पानी से आसवन द्वारा प्राप्त करते हैं। पानी एक विशिष्ट पदार्थ है जो कभी बदलता नहीं है।[31] हम इसमें कुछ और चीजें अस्थाई रूप में मिला सकते हैं, अथवा इसे ऐसी मिलावटों से अलग कर उन्हें पुन: प्राप्त कर सकते है, लेकिन यह स्वयं पानी ही बना रहता है, चाहे यह ठोस हो, द्रव हो, अथवा तरल। यहाँ {एक अन्य बोतल हाथ में लेते हुए} इस दूसरी बोतल में तेल के लैंप की दहन-क्रिया से उत्पन्न पानी है। एक पाइंट [32] तेल जब पूरी तरह जलाया जाता है तो एक पाइंट से अधिक पानी उत्पादित होता है। यहाँ भी कुछ पानी है, जो मोमबत्ती को काफी लम्बे समय तक जलाने से प्राप्त हुआ है। इस प्रकार हम प्राय: सभी ज्वलनशील पदार्थो पर यह प्रयोग दोहरा सकते हैं और अंतत: इसी निष्कर्ष पर पहुँचेंगे कि जब वह प्रकाश-बत्ती की तरह लौ के रूप में जलते हैं, तो पानी का उत्पादन होता है। आप स्वयं यह प्रयोग कर सकते हैं। साधारण कुरेदनी का सिरा इस प्रयोग के लिये काफी उपयुक्त

हैं, यदि इसे मोमबत्ती के ऊपर आप पर्याप्त समय तक ठंडा रख सके, तो इस पर संघनित पानी की बूँदें आसानी से प्राप्त की जा सकती हैं। इसकी जगह आप कोई चम्मच, कड़छी, या कोई भी ऐसी चीज ले सकते हैं जो साफ हो और ताप की अच्छी संचालक हो, जिससे पानी उस पर संघनित हो सके।

अब मैं ज्वलनशील पदार्थों, तथा जवलन से प्राप्त होने वाले पानी के इतिहास की चर्चा करूँगा। मैं पहले यह बताऊँगा कि यह पानी विभिन्न दशाओं में हो सकता है। शायद आप इन सबसे परिचित हों, फिर भी इस बात पर विशेष ध्यान देना आवश्यक है कि पानी अपने अनेक प्रोटीअन परिवर्तनों [33] के बावजूद, सदा एक ही वस्तु है, यह चाहे प्रकाश-बत्ती से मिले, दहन से मिले या नदियों और सागर से।

अत्यंत ठंडी दशा में पानी बर्फ के रूप में होता है। हम दार्शनिक लोग, मैं चाहता हूँ कि आपको भी मैं इस वर्ग में सम्मिलित कर लूं, पानी को पानी ही मानते है, वह चाहे ठोस, द्रव अथवा गैसीय अवस्था में हो। रासायनिक दृष्टि से हम उसे पानी ही कहते है। पानी दो पदार्थो का यौगिक है, इनमें से एक प्रकाश-बत्ती से प्राप्त होता है और दूसरा किसी अन्य स्रोत से। पानी बर्फ की शक्ल में मिल सकता है, और इसे इस रूप में देखने का समुचित अवसर अभी हाल ही में मिला था। बर्फ पुनः पानी में परिवर्तित हो जाती है। पिछले सैबेथ [34] के दिन हमने इसका उदाहरण देखा था, जब हमें स्वयं और हमारे अनेक मित्रों को अपने घरों में एक बड़ी आपदा का सामना करना पड़ा था। तापक्रम बढ़ाने पर बर्फ पानी में परिवर्तित हो जाती है, और पर्याप्त गर्म करने पर भाप में बदल जाती है। जो पानी यहाँ हमारे पास है, सर्वाधिक सघन* अवस्था में है।' यद्यपि यह

---

* पानी 39.1 फारेनहाइट पर सर्वाधिक सघन होता है ।

अपने भार, दशा, रूप और अन्य अनेक गुणों में 'परिवर्तन' प्रदर्शित करता है, यह हर अवस्था में पानी ही रहता है।

इसे हम चाहे ठंडा कर, बर्फ में परिवर्तित करें या गर्म कर वाष्प में, इसका आयतन बढ़ जाता है। पहली दशा में अत्यंत अद्‌भुत शक्तिशाली ढंग से तथा दूसरी में बहुत अधिक तथा आश्चर्यजनक रूप में। उदाहरणस्वरूप अब मैं एक टीन का बेलनाकार बर्तन ले रहा हूँ और इसमें कुछ पानी भर रहा हूँ। पानी की जो मात्रा मैंने इसमें डाली है, उससे आप सरलता से यह अनुमान लगा सकते हैं कि बर्तन में यह किस ऊँचाई तक पहुँचेगा। यह तली से लगभग 2 इंच ऊपर तक बर्तन को भर देगा। मैं इस पानी को वाष्प में परिवर्तित कर दिखाऊँगा कि पानी और वाष्प की इन भिन्न अवस्थाओं में यह भिन्न-भिन्न आयतन घेरता है। हम अब पानी के बर्फ में परिवर्तन की बात करते हैं। ऐसा हम इसे बर्फ और पिसे हुए नमक के मिश्रण में ठंडा कर सकते हैं।* इस प्रकार मैं यह दिखाऊँगा कि इसका परिमाण इस परिवर्तन से भी बढ़ जाता है। यह बोतलें {एक बोतल दिखाते हुए} मजबूत ढाले गये लोहे की हैं, बहुत मजबूत और मोटी। मेरे अनुमान के अनुसार लगभग एक तिहाई इंच मोटी। इसे हम सावधानीपूर्वक भरते हैं, जिससे हवा पूर्णतः बाहर निकल जाये और फिर चूड़ीदार ढक्कन कस कर बंद कर देते हैं। अब हम देखेंगे कि जब हम इसके पानी को बर्फ में परिवर्तित करते हैं, यह उसमें समा नहीं पाता और इसका परिमाण बढ़ने से इसके टुकड़े-टुकड़े हो जाते हैं, जैसे कि ये {कुछ टुकड़ों की ओर संकेत करते हुए} टूटी बोतलें, जो पहले इसी प्रकार की थीं। मैं इनमें से दो बोतलों को बर्फ और नमक के मिश्रण में रख रहा हूँ, ताकि आपको यह प्रदर्शित कर सकूँ

* नमक और बर्फ के चूरे का तापक्रम 320 फारेनहाइट पर सर्वाधिक सघन होता है ।

कि पानी बर्फ बनने पर अपना आयतन कितने असामान्य ढंग से बदल सकता है।

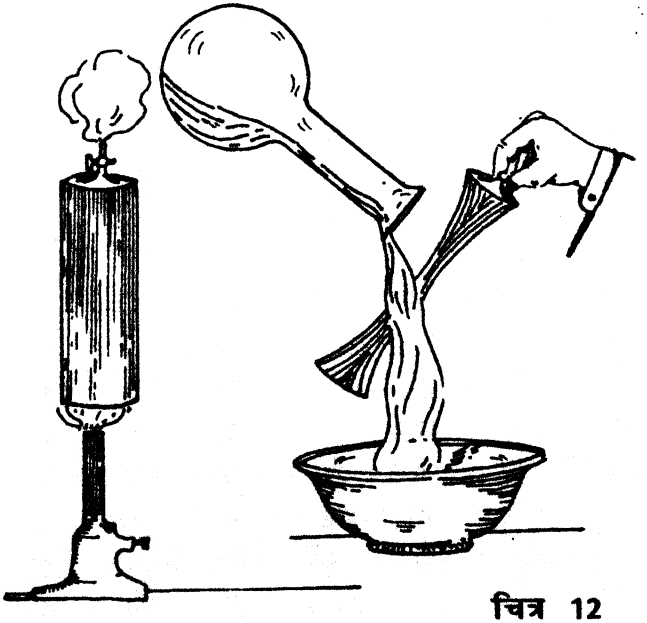
इस बीच उस पानी के परिवर्तन की ओर ध्यान दीजिये, जिसे हमने गर्म किया था। यह अपनी तरल अवस्था खो रहा है। दो-तीन दर्शनीय बातों के आधार पर आप यह कह सकते हैं। मैंने इस फ्लास्क का मुँह, जिसमें पानी उबल रहा है, एक काँच की एक गोल तश्तरी से ढक दिया है। आप देख रहे हैं क्या हो रहा है? यह किसी वाल्व की तरह खड़खड़ा रहा है, क्योंकि जो भाप बन रही है वह इसे वाल्व की तरह ऊपर-नीचे उठा-गिरा रही है और बाहर निकल रही है। आप सरलता से यह समझ सकते हैं कि फ्लास्क भाप से भर गया है अन्यथा यह इस प्रकार अपने लिये राह बना, बाहर न निकलती। आप यह भी देख सकते हैं कि फ्लास्क में अब एक ऐसा पदार्थ है जिसकी मात्रा आरंभिक पानी से बहुत अधिक है। यह सम्पूर्ण फ्लास्क को बार-बार भर रहा है और बाहर हवा में भी निकल रहा है। फिर भी पानी के परिमाण में आपको बहुत अंतर नहीं दिख रहा। अत: स्पष्ट है कि इस परिवर्तन में, जिससे पानी भाप बन जाता है, इसके परिमाण में बहुत अधिक बढ़त होती है। मैंने पानी से भरी लोहे की बोतलें बर्फ जमाने वाले मिश्रण में रख दी हैं, ताकि आप देख सकें कि इनका क्या होता है। इस बात पर ध्यान दीजिये कि बोतलों के अंदर के पानी और बाहर के बर्फ के बीच कोई संपर्क संभव नहीं है, लेकिन ताप का संचालन होता रहेगा। यदि हम सफल हो पाये। (यह प्रयोग हम बहुत जल्दी में कर रहे हैं) तो मुझे आशा है कि जैसे ही इन बोतलों का पानी पर्याप्त ठंडा हो जायेगा, आप उनमें से किसी बोतल के फटने की आवाज सुनेंगे। जब आप इसका परीक्षण करेंगे तो इसके अंदर का पदार्थ, आंशिक रूप से लोहे में लिपटे बर्फ के टुकड़े देखेंगे। आप यह भली-भांति जानते हैं कि बर्फ पानी पर तैरता है। जब कोई लड़का किसी छेद से बर्फ के ऊपर से अंदर

पानी में गिर जाता है, वह पुनः (बर्फ पर) चढ़ने का प्रयास करता है, ताकि वह उस पर चढ़ कर तैर सके। बर्फ पानी पर तैरता क्यों है? इस पर विचार कीजिये और इसका दर्शन समझिये। यह इसलिये कि बर्फ का परिमाण उस पानी से अधिक है जिससे वह निर्मित हुआ है, अतः बर्फ पानी से हल्का है।

अब हम पानी पर ताप के प्रभाव पर पुनः वापस आते हैं। देखिये इस टीन के बर्तन से भाप कैसी धाराप्रवाह बाहर आ रही है। हमने अवश्य ही इसे भाप से पूरी तरह भर दिया होगा, तभी यह इसकी इतनी अधिक मात्रा बाहर भेज रहा है। जिस प्रकार हम पानी को गर्म कर भाप में बदल सकते हैं, इसे ठंड द्वारा पुनः पानी में परिवर्तित कर सकते हैं। यदि हम ठंडा काँच या और कोई ठंडी चीज भाप के प्रवाह के ऊपर रखें, तो आप बहुत शीघ्र इसे पानी से नम होता देखेंगे। यह उस समय तक पानी को संघनित करता रहेगा जब तक काँच स्वयं गर्म नहीं हो जाता। आप संघनित पानी किनारों से लुढ़कता देखेंगे। पानी के वाष्पीय रूप का संघनन प्रदर्शित करने के लिये मैं एक अन्य प्रयोग दिखा रहा हूँ, वैसा ही प्रयोग, जैसा हमने प्रकाश-बत्ती से उत्पादित पानी को तश्तरी की तली पर संघनित होते समय देखा था। इस परिवर्तन की सत्यता और पूर्णता प्रदर्शित करने के लिये, मैं यह टीन का फ्लास्क ले रहा हूँ, जिसे मैंने पूरी तरह भाप से भर कर, ऊपर से बंद कर दिया है। अब हम यह देखेंगे कि जब हम इस भाप (या पानी) को पुनः तरल अवस्था में परिवर्तित करते हैं तो क्या होता है। इसके लिये हम इस बर्तन के ऊपर ठंडा पानी डालेंगे। {व्याख्यानदाता ने बर्तन पर ठंडा पानी डाला, जिससे वह तुरन्त पिचक गया} आपने देखा क्या हुआ? यदि हम इस बर्तन का ढक्कन बंद रख कर इसे गर्म करते रहते तो यह फट जाता। लेकिन जब भाप पुनः पानी के रूप में परिवर्तित होती है, बर्तन पिचक जाता है, क्योंकि इसके

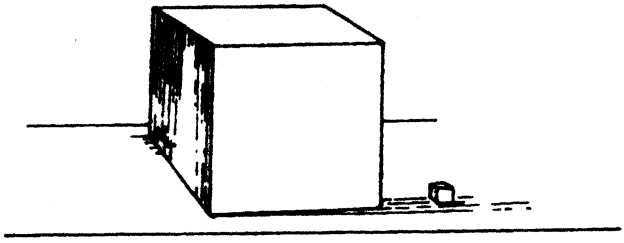
अंदर की भाप के संघनन से अंदर शून्य उत्पन्न हो जाता है। मैं यह सब प्रयोग यह दिखाने के लिये प्रस्तुत कर रहा हूँ कि इन सब घटनाओं के बावजूद यह पानी ही बना रहता है, यद्यपि एक उदाहरण में बर्तन अंदर की ओर पिचक जाता है, जबकि दूसरे में यह बाहर की ओर फट जाता है।

क्या आप यह समझ गये कि पानी जब वाष्पीय रूप ग्रहण करता है तो इसके परिमाण में क्या परिवर्तन होता है। आप वह घन देख रहे हैं {एक घन फुट की ओर संकेत करते हुए}, इसके पास ही ठीक उसी शक्ल का घन इंच है। पानी की इतनी छोटी मात्रा (घन इंच) बढ़कर इतनी बड़ी (घन फुट) में परिवर्तित होने के लिये पर्याप्त है। इसके विपरीत, ठंडा करने पर इतनी बड़ी भाप की मात्रा बहुत थोड़े से पानी में परिवर्तित हो सकती है। {इसी समय लोहे की एक बोतल फट जाती है}। अरे देखिये,



चित्र 12

हमारी एक बोतल फट रही है। इसके एक ओर, आप लगभग 8 इंच लम्बी तथा एक इंच चौड़ी दरार देख सकते हैं {तभी दूसरी बोतल नमक और बर्फ के मिश्रण को सब दिशाओं में छितराती हुई फटती है}। यह दूसरी बोतल भी टूट गई है, यद्यपि इसका लोहा लगभग आधा इंच मोटा था, बर्फ ने उसे तोड़कर छिन्न-भिन्न कर दिया।



चित्र -13

पानी में यह परिवर्तन सदा होते रहते हैं; इनके लिये किसी क्रत्रिम साधन की आवश्यकता नहीं हैं। हम सम्पूर्ण वातावरण में शीतकालीन मौसम निर्मित करने की अपेक्षा केवल इन बोतलों के चारों ओर की कुछ जगह में इसका निर्माण कर रहे हैं। यदि आप उत्तर की ओर या कनाडा जायें तो घर के बाहर का तापक्रम भी यही सब कुछ कर सकता है, जो यहाँ हम बर्फ और नमक के मिश्रण द्वारा कर रहे हैं।

अब हम अपने शान्त दर्शन में वापस आते हैं। भविष्य में हमें पानी में होने वाले यह परिवर्तन धोखा नहीं दे पायेंगे। पानी हर दशा में वही है, चाहे वह प्रकाश-बत्ती से प्राप्त हुआ हो अथवा समुद्र से। प्रकाश-बत्ती से मिलने वाला पानी आखिर कहाँ था? मैं कुछ पूर्वानुमान के साथ आप को यह बता रहा हूँ। स्पष्ट है कि यह प्रकाश-बत्ती के अंश के रूप में प्राप्त हो रहा है; लेकिन क्या यह वहाँ पहले से था। नहीं यह प्रकाश-बत्ती में नहीं था, न ही उसके चारों ओर के वातावरण

में था, जो इसके दहन के लिये आवश्यक है। वास्तव में यह उनकी सम्मिलित क्रिया से उत्पन्न हुआ है। इस क्रिया में प्रकाश-बत्ती का कुछ अंश तथा हवा का कुछ अंश दोनों ही भाग लेते हैं। हमें अब इन्हें पहचानना है, ताकि हम यह समझ सकें कि प्रकाश-बत्ती जब हमारी मेज़ पर जलती है, इसका रासायनिक इतिहास क्या होता है। इसकी जानकारी हम किस प्रकार प्राप्त करें? मैं इसे प्राप्त करने के कई ढंग जानता हूँ, लेकिन मैं चाहता हूँ आप पहले दी गई जानकारी से इसे संबंधित कर सकें।

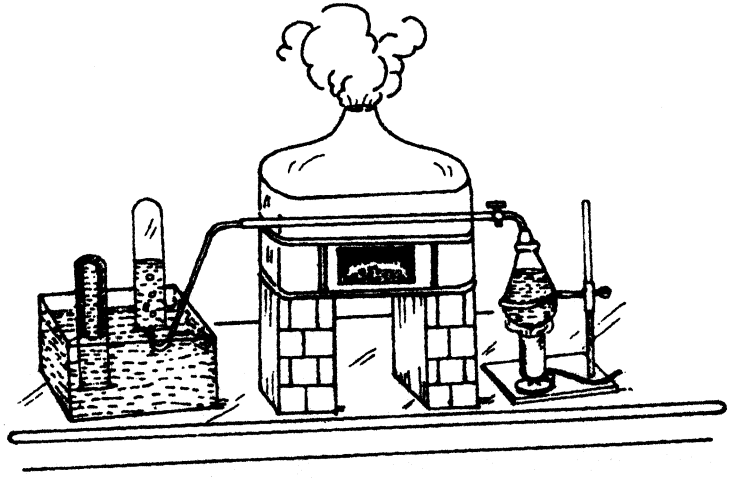
आप यह अध्ययन इस प्रकार कर सकते हैं। अभी हमने एक ऐसे पदार्थ का उदाहरण देखा था जो सर हम्फ्रे डेवी द्वारा दिखाये गये ढंग से पानी पर क्रिया करता है*। मैं आपको उसका पुनर्स्मरण कराना चाहता हूँ और उस तश्तरी द्वारा एक वैसा ही प्रयोग दोबारा कर रहा हूँ। हमें यह अत्यंत सावधानीपूर्वक करना होगा। यदि मैं इस ढेर पर पानी की कुछ छींटें गिरने दूँ, तो इसका कुछ भाग आग पकड़ लेगा और यदि इसमें हवा की खुली प्रविष्टि है, तो बहुत शीघ्र पूरे ढेर में आग लग जायेगी। आप जानते हैं कि यह एक धातु है [35], चमकदार और सुन्दर धातु, जो हवा में बहुत शीघ्रता से परिवर्तित होती है और पानी में भी। मैं इस पर कुछ पानी डालूँगा और आप देखेंगे कि यह बहुत सुंदर ढंग से, तैरते हुए लैंप की तरह जलती है। यदि हम पानी में लोहे की कुछ छीलन डाल दें तो हम उसमें

---

* पुटैशिमय, पुटाश का धातुई आधार है, जिसकी खोज सर हम्फ्रे डेवी ने सन् 1807 में की थी। वह इसे पुटाश से एक शक्तिशाली बैटरी द्वारा विलग करने में सफल हो सके। ऑक्सीजन के प्रति प्रबल आकर्षण के कारण यह पानी को विच्छेदित कर हाइड्रोजन बाहर निकाल देता है, जो उत्पादित ताप से जलने लगता है।

भी परिवर्तन देखेंगे। इसका परिवर्तन यद्यपि इतना अधिक नहीं होता जितना पुटैशियम का, लेकिन उसमें भी लगभग उसी प्रकार का परिवर्तन होता है। इसमें जंग लगने लगता है और यह भी पानी पर उसकी क्रिया प्रदर्शित करता है। लेकिन इस क्रिया की तीव्रता इतनी अधिक नहीं होती, जितनी पुटैशियम से। मैं चाहता हूँ आप यह सब तथ्य अपने मस्तिष्क में संकलित कर लें। यहाँ मेरे पास एक दूसरी धातु (जस्ता) है। इसके परीक्षण द्वारा हमने देखा था कि इसके जलने पर एक ठोस पदार्थ निर्मित होता है और यह स्वयं जलता है। यदि मैं जस्ते की एक पट्टी लेकर उसे प्रकाश-बत्ती के ऊपर रख दूँ, तो इसका ज्वलन पानी की क्रिया से प्रज्वलित पुटैशियम और लोहे की क्रिया, दोनों के बीच की होगी। देखिये यह सफेद राख, अथवा अवशेष देकर जला और इस पर भी पानी की क्रिया दिखाई पड़ी।

धीरे-धीरे हमने यह सीखा कि इन पदार्थों के ज्वलन को कैसे नियंत्रित कर सकते हैं, और इस प्रकार हम वह जानकारी प्राप्त कर सकते हैं, जो हम पाना चाहते हैं। अब सर्वप्रथम मैं

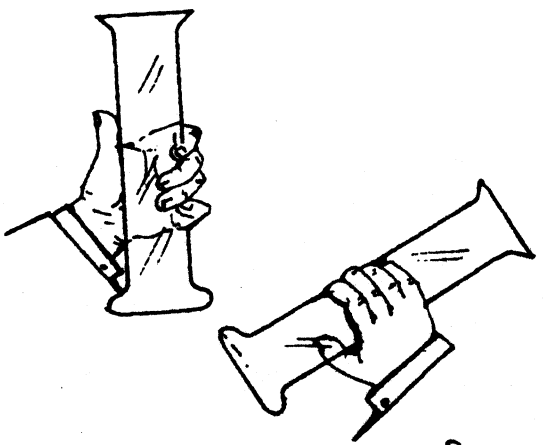


चित्र - 14

लोहा ले रहा हूँ। यह इस प्रकार की सभी रासायनिक क्रियाओं का एक आम गुण है कि इनकी तीव्रता ताप से बढ़ जाती है। जब हम बारीकी से विभिन्न वस्तुओं की आपसी रासायनिक क्रियाओं का अध्ययन करना चाहते हैं, तो प्राय: हमें इन पर ताप का प्रभाव देखना आवश्यक होता है। शायद आप यह जानते हैं कि लोहे की छीलन हवा में अत्यन्त भली-भाँति जलती है। लेकिन मैं आपकों एक ऐसा प्रयोग दिखा रहा हूँ, जो आपको यह स्पष्ट दिखाएगा कि इसकी पानी पर क्या क्रिया होती है। यहाँ मैं इसकी चर्चा करना चाहता हूँ। यदि मैं किसी लौ को खोखली बना दूँ ताकि इसमें हवा प्रविष्ट हो सके, और लोहे की कुछ छीलन लेकर, इसमें डाल दूँ, तो आप देखेंगे वह अत्यन्त भली-भाँति जलती है। यह दहन उस रासायनिक क्रिया से होता है जो इसे जलाने से होती हैं। हम अब इन विभिन्न प्रभावों पर विचार करेंगे और निश्चय करेंगे कि लोहे की पानी से क्या क्रिया होती है। मेरा विचार है यह कहानी आम थी। यह लोहे को पहले की अपेक्षा अधिक भारी बना देती है। जब तक लोहा केवल नली में गर्म और फिर ठंडा किया जाता है (लेकिन पानी की पहुँच उस तक नहीं हो पाती) उसके भार में कोई भी परिवर्तन नहीं होता। लेकिन भाप के प्रवाह को इस पर गुजारने से यह पहले से भारी हो जाता है। अब दूसरा जार भी भर गया है, इससे मैं आपको एक अत्यंत रोचक बात दिखाऊँगा। यह एक ज्वलनशील गैस है। मैं इस जार के पदार्थ को जलाकर तुरन्त दिखा सकता हूँ कि यह ज्वलनशील है, लेकिन (सम्भव हो सका तो) मैं आपको इससे कुछ अधिक दिखाना चाहता हूँ। यह पदार्थ बहुत हल्का भी है। जबकि भाप संघनित हो जाती है, यह हवा में बिना संघनित हुए ऊपर उठता है। अत: मैं दूसरा खाली जार ले रहा हूँ, जिसमें केवल हवा है। यदि अब मैं इसका परीक्षण एक पतली मोमबत्ती द्वारा करूँ तो सिद्ध हो जाएगा कि इसमें हवा के अतिरिक्त ओर कुछ नहीं है। यह

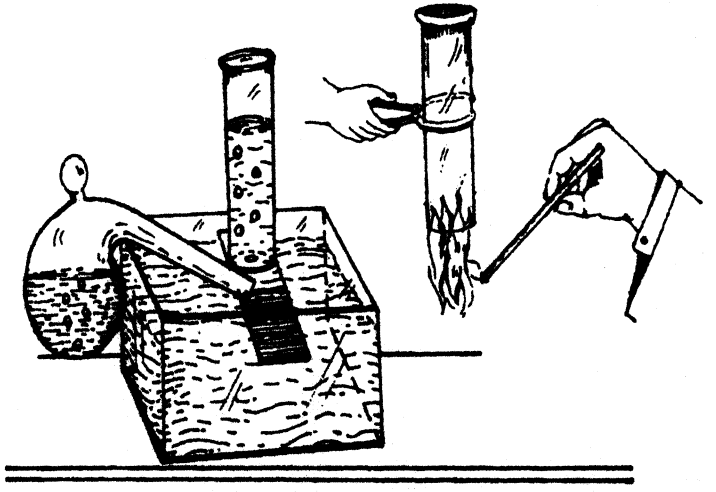
मानते हुए कि भाप से बनी यह गैस हवा से हलकी है, इससे भरे जार को मैं ऐसे ही उल्टा रहने दूँगा और दूसरे जार के ऊपर रख दूँगा। इस तरह एक दूसरे पर रख कर मैं इनकी स्थिति परिवर्तित कर दूँगा, ऊपर वाले जार को नीचे और नीचे वाले को ऊपर लाऊँगा। देखिये, जिस जार में पहले भाप से प्राप्त गैस थी उसमें अब क्या है? आप देखेंगे कि उसमें केवल हवा है। मगर देखिये यहाँ {दूसरा जार लेते हुए} वह ज्वलनशील पदार्थ है, जो मैंने एक जार से दूसरे में भर दिया है। इसकी विशेषता अब भी इसमें है और प्रकाश-बत्ती से उत्पन्न पदार्थो पर विचार करने की दृष्टि से यह अत्यधिक महत्वपूर्ण है।

यह पदार्थ जो अभी लोहे और भाप (या पानी) की क्रिया से निर्मित हुआ, हम उन अन्य वस्तुओं द्वारा भी प्राप्त कर सकते है, जो पानी पर इसी प्रकार की क्रिया करती हैं। यदि मैं पुटैशियम का एक टुकड़ा ले कर उचित व्यवस्था कर दूँ, तो भी इस गैस का उत्पादन होगा। पुटैशियम की जगह यदि जस्ता लूँ, और बारीकी से अध्ययन करूँ, तो पता चलेगा कि जस्ता



चित्र-15

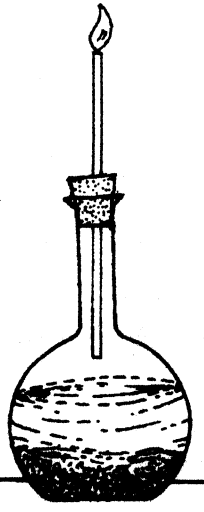
पानी से अन्य धातुओं जैसी क्रिया अधिक समय तक नहीं कर पाता। इसका मुख्य कारण यह है कि इस क्रिया द्वारा जस्ते पर एक प्रकार का रक्षक आवरण चढ़ जाता है, अत: जब हम जस्ते और पानी को किसी बर्तन में साथ रख देते हैं तो इनमें कोई विशेष क्रिया दृष्टिगोचर नहीं होती। लेकिन इस ऊपरी पर्त (वारनिश) को किसी अम्ल की सहायता से हटा देने पर जस्ता भी लोहे जैसी क्रिया प्रदर्शित करता है जिसे सामान्य तापक्रम पर ही देखा जा सकता है। अम्ल स्वयं परिवर्तित नहीं होता, यह केवल जस्ते के आक्साइड को घोलने का कार्य करता है, जो जस्ते के ऊपर निर्मित हो जाता है। मैंने अम्ल (काँच के) बर्तन में डाल दिया है। इसका प्रभाव ताप-जैसा हो रहा है जिससे अंदर का पदार्थ 'उबलने' लगता है। जस्ते से कोई अन्य पदार्थ बाहर आ रहा है, जो भाप नहीं है। इससे यह जार पूरा भर गया है।



चित्र-16

जब मैं इसे उल्टा पकड़ कर परीक्षण करता हूँ, तो पता चलता है कि यह वही पदार्थ है जो लोहे की नली से प्राप्त हुआ था। यह हमें पानी से प्राप्त हो रहा है, वही पानी जो प्रकाश-बत्ती में भी है।

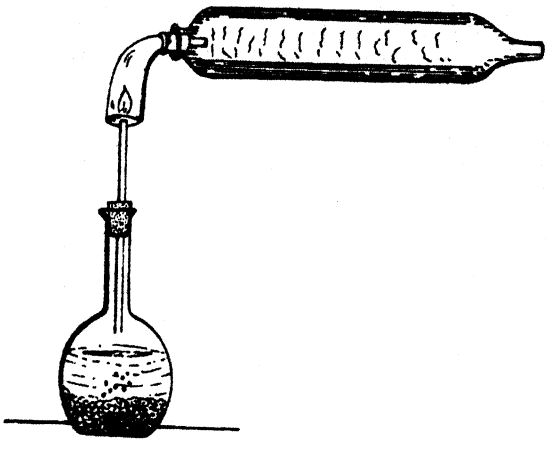
आइये, अब हम इनका अंतर ठीक से जानें। यह हाइड्रोजन है, एक ऐसा पदार्थ जिसे रसायन-विज्ञान में तत्व कहते हैं। प्रकाश-बत्ती तत्व नहीं है, क्योंकि इससे हम कार्बन प्राप्त कर सकते हैं। यह हाइड्रोजन भी हम इससे, या इससे उत्पन्न पानी से प्राप्त कर सकते हैं। इस गैस का नाम हाइड्रोजन इसलिये रखा गया, क्योंकि यह वह तत्व है, जो एक दूसरे तत्व से मिल कर पानी निर्मित करता है। श्री एन्डरसन ने अब इस गैस से दो-तीन जार भर लिये हैं, और मैं आपको इनमें कुछ प्रयोग दिखाउँगा। इन प्रयोगों में मुझे किसी खतरे का डर नहीं है। मैं चाहता हूँ आप भी प्रयोग करें, लेकिन सावधानीपूर्वक और उपस्थित व्यक्तियों की सहमति से। रासायनिक विज्ञान में आगे बढने पर हमें ऐसे पदार्थों से कार्य करना पड़ता



चित्र-17

है जो (गलत जगह में) हानिकारक हो सकते हैं। अम्ल, ताप, और ज्वलनशील वस्तुएं, जिनका इस्तेमाल हमारे लिए आवश्यक है, असावधानीपूर्वक प्रयुक्त किये जाने पर क्षति पहुँचा सकते हैं। यदि आप हाइड्रोजन प्राप्त करना चाहते हैं, तो सरलता से जस्ते के टुकड़ों और गंधक के अम्ल (सल्फ्यूरिक अम्ल) या मुरियाटिक अम्ल द्वारा पा सकते हैं। यह देखिये, इसे पुराने समय में "दार्शनिकों की प्रकाश-बत्ती" कहते थे। यह एक शीशी है जिसमें कार्क लगी हैं इस कार्क के आर-पार एक नली पड़ी हैं। अब मैं जस्ते के कुछ टुकड़े इसमें डाल रहा हूँ। इस उपकरण का उपयोग मैं एक अच्छे प्रयोग के लिये करूँगा। इससे मैं आपको दिखाना चाहता हूँ कि आप इस की सहायता से जब चाहें, घर पर हाइड्रोजन बना कर, इससे प्रयोग कर सकते हैं। मैं आपको यह बता दूँ, कि मैंने इस शीशी को लगभग पूरा भरने, लेकिन बिल्कुल पूरा न भरने की सावधानी क्यों बरती है। ऐसा मैं इसलिये कर रहा हूँ क्योंकि निकलने वाली गैस बाहर की हवा में ज्वलनशील है, बल्कि एक सीमा तक विस्फोटक है। अत: यदि शीशी में पानी के ऊपर की हवा के पूरी तरह बाहर निकल जाने से पहले ही आग से सम्पर्क हो गया तो यह खतरनाक सिद्ध हो सकता है। अब मैं इसमें सल्फ्यूरिक अम्ल डालने जा रहा हूँ। मैं जस्ता बहुत कम और अम्ल तथा पानी अधिक मात्रा में ले रहा हूँ, ताकि यह उपकरण कुछ समय तक कार्य कर सके। मैं प्रक्रिया में भाग लेने वाले पदार्थों का अनुपात इस प्रकार व्यवस्थित करना चाहता हूँ, जिससे मुझे हाइड्रोजन नियमित, न बहुत तेज, न ही बहुत धीमी, गति से मिल सके। यदि अब मैं एक गिलास को नली के छोर पर उल्टा पकड़े रहूँ, तो हाइड्रोजन के हल्का होने के कारण यह उसमें कुछ समय तक टिकी रहनी चाहिये। अब हम इस गिलास में भरे पदार्थ का परीक्षण करेंगे और पता लगायेंगे कि क्या इसमें हाइड्रोजन है। यह मैं विश्वास के साथ कह सकता

हूँ कि कुछ न कुछ हाइड्रोजन अवश्य इसमें पहुँच गयी है। {गिलास के अंदर माचिस दिखाते हुए}, यह देखिये। अब मैं यही आग नली के ऊपरी छोर पर दिखाऊँगा। यह देखिये हाइड्रोजन जल रही हैं यही हमारी दार्शनिक प्रकाश-बत्ती है। आप कह सकते हैं कि यह अत्यन्त मंद और शक्तिहीन लौ है, लेकिन यह अत्यन्त गर्म है, शायद ही किसी अन्य लौ में इतना अधिक ताप दे सकने की क्षमता हो। यह अत्यन्त नियमित ढंग से जल रही है। अब मैं इसे एक विशिष्ट व्यवस्था में रख रहा हूँ, ताकि हम इसके परिणामों का अध्ययन कर सकें। यह देखते हुए कि प्रकाश-बत्ती पानी उत्पन्न करती है और इस गैस की उत्पत्ति भी पानी से हुई है, आइये देखें कि इसे जब वातावरण में प्रकाश-बत्ती की तरह जलाया जाता है, तो यह लौ हमें क्या देती है। अत: हम इस लैंप को इस उपकरण में रख रहे हैं। इसकी सहायता से हम दहन से उत्पन्न पदार्थ को संघनित कर सकेंगे। कुछ देर में आप इस उपकरण के बेलन में नमी इकट्ठी होती देखेंगे, पानी किनारों से गिरने लगेगा। हाइड्रोजन की लौ से उत्पन्न यह पानी भी सभी परीक्षणों में वही प्रभाव दर्शायेगा,जो हम पहले देख चुके हैं। यह हाइड्रोजन बहुत सुन्दर पदार्थ है। यह गैस इतनी हल्की होती है कि यह चीज़ों को ऊपर ले जा सकती है।यह वातावरण की अपेक्षा बहुत हल्की है, यह बात मै आपको एक प्रयोग द्वारा दिखा सकता हूँ और आप में से जो विशेष चतुर हैं वह संभवत: स्वयं इसे दोहरा सकते हैं। यह हमारा हाइड्रोजन-उत्पादक है और यह साबुन का कुछ झाग है। मै इंडिया-रबर की इस नली का एक छोर हाइड्रोजन-उत्पादक में तथा दूसरा छोर तमाखू के पाइप में लगा रहा हूँ। इस पाइप को में साबुन के झाग में डालकर हाइड्रोजन से इसमें बुलबुले उठा सकता हूँ। देखिये यह बुलबुले किस प्रकार गर्म साँस से फूँक मारने पर नीचे की और गिरने लगते हैं लेकिन जब मै इन्हें हाइउइड्रोजन से फूँकता हूँ तो आप अंतर देख सकते हैं।



चित्र -18

{व्याख्यानदाता द्वारा हाइड्रोजन से फूँके जाने पर यह व्याख्यान-भवन की छत तक ऊपर उठने लगे।} आपने देखा यह गैस इतनी हल्की है कि न केवल साधारण साबुन के बुलबुलों को, बल्कि उनसे लटकी बूँदों के बड़े भाग को भी ऊपर ले जा रही है। इनका हलकापन मैं और भी अच्छे ढंग से दिखा सकता हूँ। इससे बहुत बड़े बुलबुले भी (इस गैस द्वारा) ऊपर उठाये जा सकते हैं। वास्तव में पिछले युग में इस गैस से गुब्बारे भरे जाते थे। श्री एन्डरसन यह नली हमारे हाइड्रोजन-उत्पादक पर बाँध देंगे और इससे हम कोलोडियन-निर्मित इस गुब्बारे को भरेंगे। इसे भरने से पहले अंदर की हवा निकाल देना आवश्यक नहीं है, क्योंकि मैं इस गैस की गुब्बारे को ऊपर ले जाने की क्षमता से अवगत हूँ। {कोलोडियन के दो गुब्बारे इस प्रकार ऊपर भेजे गये, जिनमें से एक को तागे से रोके रखा गया।} देखिये, यह पतली झिल्ली का एक और बहुत बड़ा गुब्बारा है, जिसे भर कर हम ऊपर उठने देंगे। आप देखेंगे यह सब उस

समय तक तैरते रहेंगे जब तक इनकी गैस निकल नहीं जाती। इन पदार्थो के तुलनात्मक भार क्या हैं? मेरे पास एक तालिका है जिसमें आप इनके भारों के आपसी अनुपात देख सकते हैं। मैंने इनके एक पाइंट अथवा घनफुट माप के सामने इनके भार की मात्रा दी है। हाइड्रोजन का एक पाइंट हमारी भार की सब से छोटी इकाई ग्रेन [36] का केवल तीन-चौथाई मात्र है, और एक घनफुट हाइड्रोजन का भार आउन्स का बारहवाँ भाग। तुलनात्मक दृष्टि से पानी के एक पाइंट का भार 8750 ग्रेन तथा एक घनफीट का भार लगभग 1000 आउंस हैं अत: आप स्पष्ट देख सकते हैं कि एक घनफीट पानी और एक घनफीट हाइड्रोजन के भारों के बीच कितना बड़ा अंतर हैं ।

हाइड्रोजन के ज्वलन के दौरान ऐसा कोई पदार्थ नहीं बनता जो ठोस रूप ग्रहण कर सके। इसके जलने से केवल पानी निर्मित होता है। अगर हम ठंडा काँच लें और लौ के ऊपर रख दें तो यह नम हो जायेगा और बहुत शीघ्र पानी की अच्छी-खासी मात्रा एकत्रित हो जायेगी। अत: इसके जलने से भी, और कुछ नहीं, प्रकाश-बत्ती की तरह पानी, केवल पानी, उत्पादित होता है। यह बात आप को विशेष तौर पर याद रखनी चाहिये कि हमारी प्रकृति में हाइड्रोजन ही एक ऐसा पदार्थ है, जो ज्वलन के उत्पाद के रूप में केवल पानी निर्मित करता है।

अब हमें इस पानी के सामान्य चरित्र और इसकी संरचना के संबंध में कुछ अतिरिक्त प्रमाण प्राप्त करने का प्रयास करना चाहिये। इसके लिये मैं आपको कुछ समय और रोकूँगा, ताकि हम अपनी अगली भेंट के विषय के लिये तैयार हो जायें। हमारे पास जस्ते की क्रिया नियंत्रित करने की क्षमता है, जो अम्ल की सहायता से पानी पर इस प्रकार क्रिया करता है कि हाइड्रोजन की समस्त शक्ति हम जहाँ चाहें प्राप्त कर सकते हैं। मेरे पीछे एक वोल्टिय पुंज है। व्याख्यान के अंत में मैं इसकी शक्ति और चरित्र दिखाने वाला हूँ। इससे आप देखेंगे

कि अगली बार हम किस विषय पर बात करेंगे। इस समय मेरे हाथों में उन क्रियाओं के सिरे हैं, जो मेरे पीछे से शक्ति का परिवहन करेंगे और इनका इस्तेमाल मैं पानी पर क्रिया के लिये करूँगा।

हम पुटैशियम, लोहे की छीलन अथवा जस्ते की ज्वलन-क्रिया में छिपी शक्ति देख चुके हैं। इनमें से किसी में भी वह शक्ति नहीं है, जितनी इसमें। {तभी व्याख्यानदाता ने बैटरी के दोनों सिरों का सम्पर्क कर दिया, जिससे प्रकाश कौंध गया।} इतना प्रकाश चालीस जस्ता-शक्ति के जलने से प्राप्त होता, जिसे इन तारों के माध्यम से मैं अपनी इच्छानुसार साथ लेकर चल सकता हूँ। लेकिन, यदि मैं इसका उपयोग गलत ढंग से करूँ तो यह एक क्षण में मुझे नष्ट कर देगी, क्योंकि यह अत्यंत शक्तिशाली है। {दोनों सिरों का सम्पर्क बनाते हुए और बिजली का प्रकाश दिखाते हुए} इससे जो शक्ति मेरे पाँच तक गिनने के दौरान पैदा होती है वह अनेकों तूफानों के बराबर है।* आप देख सकते हैं कि यह कितनी शक्तिशाली है। बैटरी की शक्ति के वाहक इन तारों के सिरों से मैं लोहे की यह रेती भी जला सकता हूँ। यह भी रासायनिक शक्ति है, अगली भेंट में मैं इसका इस्तेमाल पानी पर करूँगा और निष्कर्ष आपको दिखाऊँगा।

---

* प्रोफेसर फैराडे ने गणना की है कि एक ग्रेन पानी के विच्छेदन के लिये उतनी ही विद्युत-शक्ति की आवश्यकता होती है जितनी बहुत शक्तिशाली आकाशीय बिजली की चमक में।

व्याख्यान IV

प्रकाश–बत्ती की हाइड्रोजन–ज्वलन से पानी का उत्पादन – पानी का दूसरा भाग – ऑक्सीजन

व्याख्यान IV

मेरा अनुमान है कि प्रकाश-बत्ती से आप अब तक थके नहीं है, अन्यथा आप इस विषय में ऐसी रुचि न दिखाते, जैसी दिखा रहे हैं। हम देख चुके है कि प्रकाश-बत्ती जलते समय पानी निर्मित करती है, वही पानी जो हमारे चारों ओर वातावरण में है। विषय के और गहन अध्ययन से हमने जाना, इसमें एक विचित्र पदार्थ- हाइड्रोजन है। यह बहुत हल्का है, और इसका नमूना इस जार में है। बाद में हमने हाइड्रोजन की ज्वलन-शक्ति की जानकारी प्राप्त की और यह भी जाना कि यह भी जलने पर पानी निर्मित करती है। अंत में मैंने आपका परिचय एक विशिष्ट उपकरण से कराया था और आपको संक्षेप में बताया था कि इसमें रासायनिक शक्ति अथवा पावर या ऊर्जा की एक ऐसी व्यवस्था उपलब्ध है, जो इन तारों द्वारा हमें प्राप्त हो सकती है। मैने कहा था कि इस शक्ति का उपयोग कर, मैं पानी को खंडित कर दूंगा, इस प्रकार हम जान पायेंगे कि पानी में हाइड्रोजन के अतिरिक्त और क्या है। आप को याद होगा कि पानी को लोहे की नली से गुजारे जाने पर, एक गैस बहुत अधिक मात्रा में बाहर निकली थी, लेकिन उसका कुल भार उस पानी में बहुत कम था जिसका उपयोग हमने भाप के रूप में किया था। हमें अब पता लगाना है कि दूसरा कौन सा पदार्थ पानी में है।

आइये पहले एक दो प्रयोग इस उपकरण का इस्तेमाल समझने के लिये करें। इसमें कुछ परिचित पदार्थ डाल कर देखें, कि उन पर यह क्या प्रभाव दर्शाता है। यहाँ, कुछ ताँबा [37] है (देखिये इसमें किस प्रकार के परिवर्तन होते हैं) और यह कुछ

नाइट्रिक अम्ल। आप देखेंगे कि अत्यन्त सक्षम रासायनिक कारक होने के नाते, यह ताँबे के साथ अत्यन्त शक्तिपूर्ण क्रिया करता है। देखिये, अब यह सुन्दर लाल रंग की वाष्प निकाल रहा है। लेकिन हमें इस वाष्प की आवश्यकता नहीं है। श्री एन्डरसन इसे कुछ समय तक चिमनी के पास थामे रहेंगे, ताकि हम, बिना किसी उलझन के , अपना सुन्दर प्रयोग कर सकें। जो ताँबा मैंने फ्लास्क में डाला है, वह घुल जायेगा और इसे अम्ल तथा पानी के नीले घोल में बदल देगा। इसमें ताँबा और अन्य पदार्थ होंगे। मैं यह दिखाना चाहूँगा कि यह वोल्टायिक बैटरी इस पर किस प्रकार की क्रिया करती हैं इस बीच हम आपके लिये एक अन्य प्रयोग की व्यवस्था कर रहे हैं, जिससे आप इसकी शक्ति देख सकें। यह एक पदार्थ है, जो हमारे लिये पानी जैसा है। इसमें ऐसे खंड हैं, जिनकी जानकारी हमें अभी नहीं है, जिस प्रकार पानी के एक भाग की जानकारी नहीं है। अब हम इस लवण के घोल' को काग़ज़ पर फैला कर, और इस पर बैटरी की शक्ति का इस्तेमाल कर, देखेंगे कि क्या क्रिया होती है। तीन चार महत्वपूर्ण बातें होंगी और हम उनका लाभ उठायेंगे। इस भीगे कागज को हम पतली टीन की चादर पर रख रहे हैं। यह इसके स्वच्छ उपयोग और बैटरी शक्ति के प्रयोग में सहायक है कागज, टीन की चादर अथवा अन्य किसी वस्तु ने (जिससे इनका सम्पर्क हुआ हो) इस घोल पर अपना कोई प्रभाव नहीं छोड़ा है, अत: इस पर उपकरण के इस्तेमाल में कोई बाधा नहीं है। लेकिन पहले देख लें कि यह उपकरण

---

* सीसे के ऐसीटेट पर वोल्टायिक विद्युत धारा की क्रिया से ऋणात्मक ध्रुव पर सीसा और धनात्मक ध्रुव पर सीसे का भूरा परऑक्साइड प्राप्त होता है। इन्हीं परिस्थितियों में चाँदी के नाईट्रेट द्वारा ऋणात्मक ध्रुव पर चाँदी और धनात्मक ध्रुव पर चाँदी का परआक्साइड प्राप्त होता है।

ठीक है। यह हमारे तार हैं, देखते हैं कि यह अब भी उसी दशा में है, जिसमें पहले थे। यह हम बहुत सरलता से देख सकते हैं। अभी इन्हें एक दूसरे से छूने पर, कोई शक्ति प्राप्त नहीं होती। यह इसलिये कि विद्युत प्रवाह के वाहक जिन्हें हम इलेक्ट्रोड कहते हैं, अभी अवरूद्ध हैं। लेकिन अब श्री एंडरसन ने {तारों के सिरों पर अचानक हुई एक चमक की ओर संकेत करते हुए} मुझे तार से सूचित किया है कि अब यह तैयार हैं। आरम्भ करने से पहले मैं श्री एंडरसेन से पुन: यह सम्पर्क विच्छेदित करा देता हूँ और हम बैटरी के ध्रुवों को एक प्लैटिनम के तार से जोड़ देते हैं। अब अगर मैं इस तार की पर्याप्त लम्बाई प्रज्वलित कर पाता हूँ तो हम अपना प्रयोग कर सकते हैं।

आप अब इसकी शक्ति देखेंगे। {सम्पर्क स्थापित कर दिया गया, और बीच का तार ताप से लाल हो गया।} यह शक्ति बहुत सुन्दरता से इस तार से गुज़र रही है। इसे मैंने जान-बूझ कर पतला बनाया है, ताकि आप इस शक्ति का प्रभाव देख सकें। शक्ति की उपलब्धता सिद्ध कर लेने के बाद अब हम इसका इस्तेमाल पानी के परीक्षण के लिये करेंगे।

मेरे पास प्लैटिनम के यह दो टुकड़े हैं। अगर मैं इन्हें इस काग़ज़ के टुकड़े पर रख दूँ {टीन की चादर पर रखा गीला काग़ज़} तो आपको कोई क्रिया दिखाई नहीं पड़ेगी, उन्हे ऊपर उठा लेने से भी कोई परिवर्तन नहीं होगा, पूरी व्यवस्था पहले जैसी हो बनी रहेगी। किन्तु अब देखिये क्या होता है? यदि मैं इन दो ध्रुवों को ले कर, इनमें से कोई सा भी अलग से प्लैटिनम की पलेट पर रखूँ, तो वह मेरे लिये कुछ भी नहीं कर पाता। लेकिन जब मैं इनका सम्पर्क एक साथ प्लेट से करता हूँ, तो देखिये क्या होता है {बैटरी के प्रत्येक ध्रुव के नीचे भूरा धब्बा दिखाई दिया}। इस प्रभाव की ओर ध्यान दीजिये।

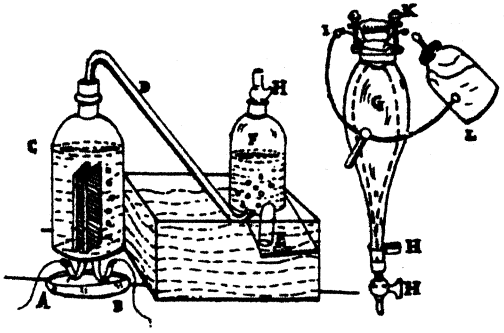
देखिये मैंने किस प्रकार सफ़ेद वस्तु में से-कुछ भूरी वस्तु-खींच ली है। अगर मैं यह व्यवस्था भिन्न ढंग से करूँ और एक ध्रुव टीन की चादर पर कागज के दूसरी ओर रखूँ, तो भी काग़ज़ पर बहुत सुन्दर क्रिया होगी। मैं देखूँगा कि क्या मैं इससे कोई तार लिख सकता हूँ {व्याख्यानदाता ने बैटरी के तार के एक सिरे से इस प्रकार 'जुवेनाइल' शब्द लिख दिया}। देखिये हमारे परिणाम कितने अच्छे हैं।

आप देख रहे हैं हमने इस घोल से एक ऐसा पदार्थ खींच निकाला है, जिसकी पहले हमें कोई जानकारी नहीं थी। अब हम श्री एन्डरसन के हाथों से यह फ्लास्क लेकर देखते हैं कि हम इससे क्या प्राप्त कर सकते हैं। आप जानते हैं यह द्रव हमने ताँबे और नाइट्रिक अम्ल से अभी बनाया है, जब हम कुछ अन्य प्रयोगों में व्यस्त थे। मैं यह प्रयोग बहुत जल्दी में कर रहा हूँ, हो सकता है कि इसमें कुछ गड़बड़ हो जाये। लेकिन इसे पहले से तैयार करने की अपेक्षा जो कर रहा हूँ उसे ही आप को दिखाना चाहता हूँ।

प्लैटिनम की यह दो प्लेटें उपकरण के दो सिरे है (अथवा मैंने इन्हें सिरा बना दिया है)। मैं इन्हें इस घोल के सम्पर्क में लाने जा रहा हूँ, जैसा मैंने अभी काग़ज़ पर किया था। ऐसा हम काग़ज़ पर करें, या इस जार में, इससे क्रिया में कोई अंतर नहीं आता। यदि मैं केवल पलैटिनम की दो प्लेटें इस घोल में रखूँ तो बाद में बाहर निकालने पर वह उतनी ही स्वच्छ और सफ़ेद बनी रहती हैं, जैसी पहले थीं। { इन्हें बिना बैटरी से जोड़े, घोल में डालते हुए।} लेकिन जब हम बैटरी से शक्ति लेकर उसे इन पर बिछा देते हैं {प्लैटिनम की प्लेटों को बैटरी से जोड़ने के बाद पुनः घोल में डाला गया}, तो देखिये, {प्लैटिनम की दूसरी प्लेट दिखाते हुए} यह ताँबे जैसी हो गई हैं, और वह बिल्कुल स्वच्छ बाहर निकल आई है। यदि

अब मैं यह ताँबा-चढ़ी प्लेट लेकर ध्रुवों को बदल दूँ, तो ताँबा दाहिनी ओर की (पहली) प्लेट से छुट कर बाई ओर जाने लगता है। इस प्रकार जिस प्लेट पर पहले ताँबा जमा हो गया था, वह पुनः साफ़ हो जाती है और जो साफ़ थी उस पर ताँबा चढ़ जाता है। अतः आप देख सकते हैं कि जो ताँबा हमने इस घोल में डाला था हम उसे इस उपकरण से निकाल भी सकते है।

इस घोल को अलग रख कर, आइये अब देखें कि इस उपकरण का पानी पर क्या प्रभाव होता है? यह प्लैटिनम की दो छोटी प्लेटें हैं जिन्हें मैं बैटरी के सिरों के रूप में इस्तेमाल करूँगा और यह (C) एक विशेष प्रकार का बर्तन है। इसकी बनावट दिखाने के लिये मै इसके भागों को अलग अलग कर सकता हूँ। इन दो प्यालों में (A और B) मैं पारा[38] भर रहा हूँ जो प्लैटिनम प्लेटों से जुड़े तारों को छू रह है। बर्तन (C) में मैं पानी भर रहा हूँ, जिसमें कुछ अम्ल मिला है (जो केवल क्रिया के सहायक के रूप में मिलाया गया है और स्वयं परिवर्तित नहीं होता।), बर्तन के ऊपरी भाग से एक मुड़ी नली जुड़ी है, जो आपको भट्टी वाले प्रयोग में बन्दूक की नली से जोड़ी गई नली की याद करायेगी। यह, यहाँ जार (F) में डाली गई है। अब मैंने यह उपकरण तैयार कर लिया है और हम पानी पर प्रयोग करेंगे। पिछली बार मैंने पानी को गर्म लाल-लोहे की नली से गुजारा था, लेकिन यहाँ मैं इस बर्तन में भरे पानी पर बिजली का प्रभाव देखूँगा। सम्भव है इससे पानी उबलने लगे, यदि ऐसा हुआ तो हमें भाप प्राप्त होगी। आप जानते हैं कि भाप ठंडी होने पर संघनित होती है और इस प्रकार आप यह पता कर सकते हैं कि यह पानी उबला अथवा नहीं, लेकिन संभव है कि पानी इसके प्रभाव से उबले नहीं, बल्कि कुछ अन्य प्रभाव प्रदर्शित करे। हम प्रयोग कर के देखेंगे। यह तार (A) मैं इस तरफ जोड़ रहा हूँ , और दूसरी तरफ दूसरा तार (B)। आप

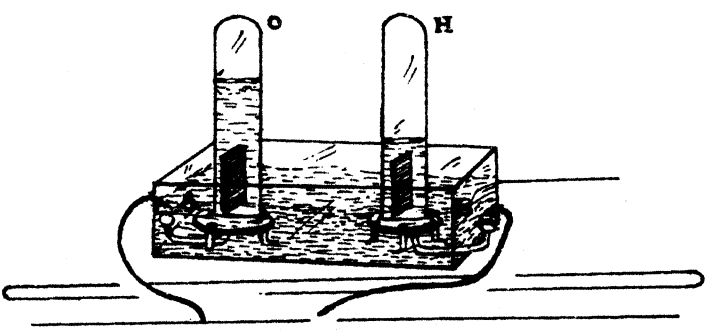


चित्र-19

अब बहुत शीघ्र देखेंगे कि क्या किसी प्रकार की उत्तेजना दृष्टिगोचर हो रही है। देखिये यह उबलता सा प्रतीत हो रहा है, लेकिन क्या यह वास्तव में उबल रहा है? आईये देखें कि जो निकल रहा है वह भाप है अथवा नहीं। मेरा अनुमान है कि यदि पानी में ऊपर उठने वाली वस्तु भाप है तो बहुत शीघ्र जार (F) इससे भर जायेगा। लेकिन क्या यह भाप हो सकती है? नि:संदेह, ऐसा नहीं है, क्योंकि आप देख सकते हैं कि यह कोई भी परिवर्तन प्रदर्शित नहीं कर रही। यह पानी के ऊपर भरी है, अत: यह भाप नहीं हो सकती। यह कोई स्थायी गैस है। लेकिन यह है क्या? क्या यह हाइड्रोजन है? क्या यह कुछ और है? हम इसका परीक्षण करेंगे। अगर यह हाइड्रोजन है तो यह प्रज्वलित हो सकेगी। {व्याख्यानदाता ने एकत्रित गैस के कुछ भाग में आग लगा दी और वह एक विस्फोट के साथ जल

उठी।} नि:संदेह, यह कोई ज्वलनशील पदार्थ है, लेकिन यह हाइड्रोजन की तरह ज्वलनशील नहीं है। यह हाइड्रोजन जैसी आवाज नहीं देती। जब यह जली थी तो इसका रंग हाइड्रोजन जैसा ही था, लेकिन यह हवा के सम्पर्क के बिना ही जल उठी थी। अत: मैं यह दूसरी तरह का उपकरण ले रहा हूँ, जिससे मैं इस प्रयोग की विशिष्ट परिस्थितियाँ आपको समझा सकूँ। खुले बर्तन की जगह मैंने एक बंद बर्तन लिया है। (हमारी बैटरी इतनी भलीभाँति क्रियाशील है कि पारा भी उबल रहा है, और प्रयोग में सब कुछ बहुत ठीक ढंग से हो रहा है।) मैं आपको यह दिखाऊँगा कि यह गैस, यह चाहे जो भी हो, हवा के बिना ही जल सकती है। इस दृष्टि से यह प्रकाश-बत्ती से भिन्न है, जो हवा के अभाव में नहीं जल पाती। यह प्रदर्शित करने का हमारा तरीका निम्नलिखित होगा : यह काँच का एक बर्तन (G) है, जिसमें प्लैटिनम के दो तार (IK) लगे हैं। इनके द्वारा हम विद्युत प्रवाहित कर सकते हैं। एक पम्प की सहायता से हम बर्तन की हवा बाहर खींच सकते है। हवा निकाल देने के बाद हम इसे जार (F) से जोड़ सकते हैं। इस प्रकार पानी पर वोल्टायिक बैटरी की क्रिया से बनी गैस हम इसमें प्रविष्ट करा सकते हैं। यह गैस हमने पानी को ही परिवर्तित कर, प्राप्त की है। अब मैं बर्तन (GH) को यहाँ (H)पर चूड़ियों से कस देता हूँ और नली को भलीभाँति जोड़कर, टोंटी HHH खोलता हूँ। जार (F) में पानी की सतह देख कर, पता चल जाता है कि गैस ऊपर चढ़ गई है। अब बर्तन में उतनी गैस सुरक्षित पहुँच चुकी है, जितनी इसमें समा सकती थी। अत:, मैं टोंटियाँ बंद कर, इसमें लीडेन जार [39] (L) द्वारा बिजली की चिंगारी गुज़ारूँगा। इससे यह बर्तन जो अभी तक बिल्कुल साफ़ और चमकदार था, धुंधला हो जायेगा। इस क्रिया में कोई आवाज नहीं होगी, क्योंकि बर्तन विस्फोट को सीमित रखने के लिये काफी मजबूत है {जार में एक चिंगारी छोड़ी गई, जिससे विस्फोटक

मिश्रण प्रज्वलित हो गया}, आपने वह चमकदार प्रकाश देखा? अगर अब मैं फिर से चूड़ियों द्वारा इस बर्तन को जार से जोड़ दूँ और टोंटियाँ खोल दूँ तो एक बार फिर यह गैस (बर्तन में) ऊपर उठेगी। {टोटियाँ खोल दी गई}। आपने देखा कि वह गैसें {पहले एकत्रित की गई गैसों का, जो बिजली की चिंगारी से जलाई गई थीं, उल्लेख करते हुए} गायब हो गई, उनकी जगह खाली हो गई और इनकी एक नयी मात्रा बर्तन (G) में प्रवेश पा गई, उनसे पानी निर्मित हुआ। यदि अब मैं इस प्रक्रिया को दोहराऊँ, तो फिर से जगह खाली हो जायेगी जैसा आप {F में} पानी के ऊपर उठने से देखेंगे। विस्फोट के बाद सदा बर्तन



चित्र-20

के अंदर की कुछ जगह खाली हो जायेगी, क्योंकि जो गैसें, बैटरी द्वारा, पानी से विच्छेदित हो गई हैं, चिंगारी के प्रभाव से विस्फोट उत्पन्न कर, पुनः पानी में परिवर्तित हो जाती हैं। धीरे-धीरे आप ऊपरी बर्तन में पानी की बूँदें ढुलक कर नीचे जमा होते देखेंगे।

हम यहाँ पानी को वातावरण से पूर्णतः अलग रख रहे हैं। प्रकाश-बत्ती से पानी के निर्माण में वातावरण सहायता कर

रहा था, लेकिन यहाँ यह हवा पर निर्भर नहीं हैं, अत: पानी का वह दूसरा पदार्थ जो प्रकाश-बत्ती पानी-निर्माण की प्रक्रिया में हवा से प्राप्त करती है, स्वयं पानी में ही होना चाहिये। यही हाइड्रोजन में जुड़ कर पानी निर्मित करता है।

अभी आपने देखा था कि बैटरी के एक सिरे ने उस नीले घोल से ताँबा बाहर खींच लिया था। ऐसा इस तार ने किया था। अत: हम कह सकते हैं कि जब इस बैटरी में धातु के घोल के प्रति यह शक्ति है, तो शायद यह पानी के खंडों को भी अलग कर सकती हैं। मैं अब बैटरी के दोनों ध्रुवों को, बैटरी के इन दो तारों को, उपकरण में (चित्र 20) एक को यहाँ (A पर) तथा दूसरे को वहाँ (B पर) जोड़कर, ऐसी व्यवस्था करूँगा कि विलगित गैसे (आप देख चुके हैं कि इन प्रयोगों में पानी से वाष्प नहीं, एक गैस बनी थी) अलग-अलग इकट्ठी हों। तार अब सही ढंग से, पानी से भरे बर्तन में अपने-अपने स्थान पर जोड़ दिये गये हैं। आप बुलबुले ऊपर उठते हुए देख रहे है। इन्हें संग्रहित कर, देखते हैं कि यह क्या हैं। इस उपकरण में यह एक काँच का बेलनाकार बर्तन (O) है। इसे मैं पानी सें भर कर उपकरण के एक सिरे (A), तथा दूसरे (H) को, उपकरण के अन्य सिरे (B) पर रख रहा हूँ। इस प्रकार अब हमारे पास यह दोहरा उपकरण है, जिसमें दो स्थानों पर गैस संग्रहित हो रही हैं यह दोनों ही बर्तन गैस से भर जायेंगे। देखिये दाहिनी ओर यह (H) बहुत तेजी से और बाई ओर कुछ कम तेजी से भर रहा है। यद्यपि मैंने कुछ बुलबुलों को छोड़ दिया है, प्रक्रिया काफी नियमित ढंग से चल रही है। यदि इन बर्तनों में से एक, दूसरे से छोटा न होता तो आप देखते कि इस (H) में गैस दूसरे (O) की अपेक्षा दुगनी होती। यह दोनों ही गैसें रंगहीन हैं, दोनों पानी पर बिना संघनित हुए खड़ी रह सकती हैं। यह सब प्रकार से समान हैं, मेरा मतलब समान लगती हैं। अब हमारे पास अवसर है कि

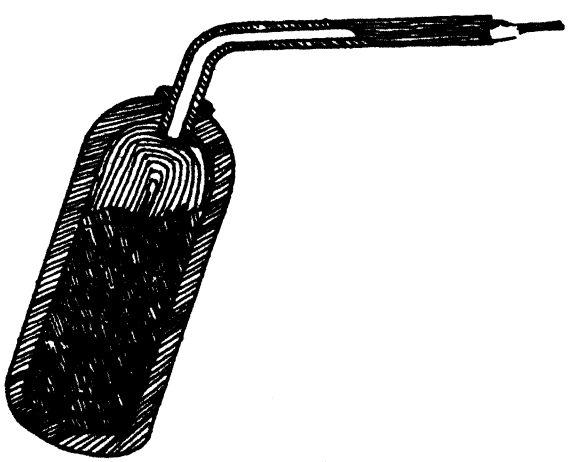
हम इनका परीक्षण कर सकें और इनकी पहचान निश्चित कर सकें। यह पर्याप्त मात्रा में उपलब्ध हैं और हम सरलता से इन पर अपने प्रयोग कर सकते हैं पहले मैं यह जार (H) लूँगा और कहूँगा कि आप हाइड्रोजन को पहचानने के लिये तैयार हो जायें।

इसके विभिन्न गुणों को याद कीजिये : हल्की गैस. जो उल्टे बर्तनों में खड़ी हो सकती है, पीली लौ के रूप में जार के मुँह पर जलती है। आइये देखें कि क्या यह इन परीक्षणों पर खरी उतरती है? अगर यह हाइड्रोजन है तो यह इस जार को उलटा पकड़े रहने पर इसी में बनी रहेगी। { इसे माचिस दिखायी गई, और हाइड्रोजन जलने लगी}। अब इस दूसरे जार में क्या है? आप जानते हैं कि दोनों साथ मिल एक विस्फोटक मिश्रण बन जाते हैं। लेकिन यह दूसरी गैस है क्या जो पानी का दूसरा भाग है। यह वही होनी चाहिये जिसमें हाइड्रोजन जलती है। हम जानते हैं कि जो पानी हमने बर्तन में रखा था, उसमें दो चीजें इकट्ठी थीं। हमने देखा कि इनमें से एक हाइड्रोजन है: वह दूसरी क्या है जो प्रयोग से पहले पानी में थी लेकिन अब इससे अलग है। अब मैं इसमें यह जलती हुई लकड़ी की छिपटी डाल रहा हूँ। गैस स्वयं नहीं जलेगी, लेकिन यह इस छिपटी को जलायेगी। {व्याख्यानदाता ने लकड़ी का सिरा जलाकर, गैस के जार में डाला} देखिये, यह लकड़ी के ज्वलन को प्रबल बना देती है। हवा की अपेक्षा इस गैस में यह कहीं अधिक अच्छी तरह जलती है। आप अब स्वयं देख सकते हैं कि वह दूसरा पदार्थ जो पानी में विद्यमान है, और जो प्रकाश-बत्ती से पानी के उत्पादन में इस्तेमाल हुआ था, वातावरण से ही प्राप्त हुआ होगा। इसे हम क्या नाम दें। B या C। आइये, इसे हम O कहते हैं- ऑक्सीजन, यह बहुत अच्छा स्पष्ट सा नाम है।[40] अत:, यह ऑक्सीजन है, जो पानी में उपस्थित थी और पानी का एक बड़ा भाग निर्मित कर रही थी।

अब हम अपने प्रयोगों और अनुसंधान को ज्यादा अच्छी तरह समझ सकेंगे। इन तथ्यों को ठीक से जान लेने पर, हम बहुत शीघ्र यह समझ जायेंगे कि प्रकाश-बत्ती हवा में क्यों जलती है। जब हम इस प्रकार पानी का विश्लेषण करते हैं अर्थात इसके भागों को विलगित अथवा विद्युत-विच्छेदित करते है, तो हमें दो आयतन हाइड्रोजन ओर एक आयतन वह वस्तु मिलती है जो अपने भारों सहित नीचे दिखाये गये हैं। हम देखेंगे कि ऑक्सीजन हाइड्रोजन की अपेक्षा बहुत भारी है। यह पानी का दूसरा तत्व है।

हाइड्रोजन	ऑक्सीजन	ऑक्सीजन------88.9
1	8	हाइड्रोजन-------11.1
		पानी----------100.0

आपके सम्मुख यह प्रदर्शित करने के बाद कि ऑक्सीजन को पानी से अलग कैसे कर सकते है, मैं अब यह बताऊँगा कि इसे

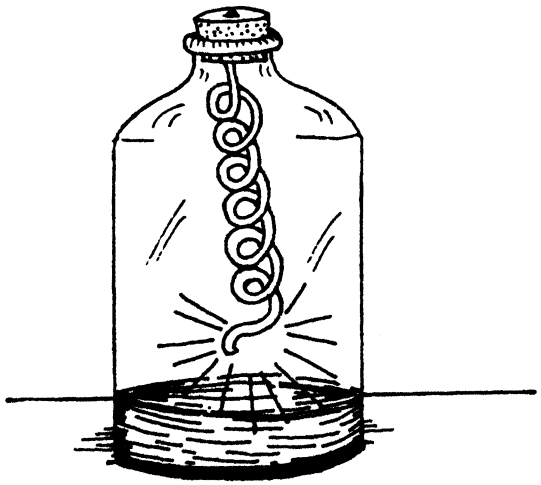


चित्र - 21

हम बड़ी मात्रा में कैसे प्राप्त कर सकते हैं। आप तुरन्त यह सोचेंगे कि ऑक्सीजन वातावरण में उपस्थित है, अन्यथा प्रकाश-बत्ती जलने पर पानी कैसे निर्मित कर पाती। ऑक्सीजन के अभाव में यह रासायनिक तौर पर पूर्णत: असम्भव होता। क्या हम इसे हवा से प्राप्त कर सकते है? हाँ, इसे हम हवा से कुछ कठिन और जटिल विधियों से प्राप्त कर सकते है, लेकिन इसके लिये इससे अच्छी विधियाँ उपलब्ध हैं।मैगनीज का काला ऑक्साइड [41]नामक एक पदार्थ है, यह अत्यन्त काला दिखने वाला खनिज-पदार्थ है, लेकिन बहुत उपयोगी है। जब इसे लाल-गर्म किया जाता है यह ऑक्सीजन देता है। यह लोहे की एक बोतल है, जिसमें यह पदार्थ भरा है, और इससे यह नली जुड़ी है। आग तैयार है, और श्री एन्डरसन इस बर्तन को आग में रख देंगे। लोहे का बना होने के कारण, यह उसे सह सकता है। यह एक

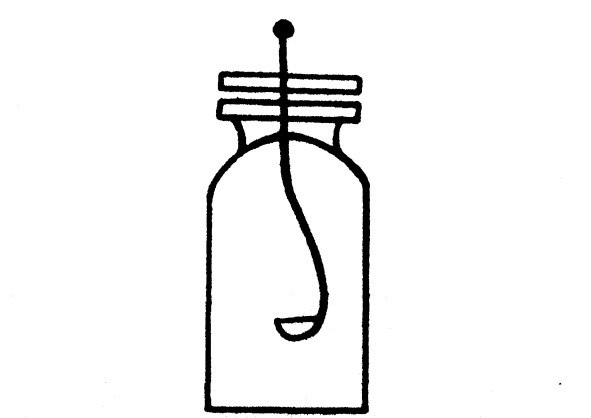
चित्र-22

लवण है, जो पुटासा का क्लोरेट कहलाता है। यह आजकल विरंजन, रासायनिक तथा चिकित्सीय उपयोगों और अतिशबाजी आदि के लिये खासी बड़ी मात्रा में बनाया जा रहा है। इसकी थोड़ी मात्रा में मैन्गनीज के ऑक्साइड में मिश्रित कर दूँगा (ताँबे या लोहे के ऑक्साइड भी इसकी जगह इस्तेमाल किये जा सकते हैं)। मैं अगर इन्हें एक साथ इस बर्तन में रख कर गर्म करूँ, तो लाल गर्म होने से बहुत पहले ही ऑक्सीजन इस मिश्रण से निकलने लगेगी। मैं इसकी बहुत अधिक मात्रा नहीं बना रहा हूँ, क्योंकि हमें इसकी केवल उतनी ही मात्रा चाहिये, जो हमारे प्रयोगों के लिये पर्याप्त हो। यदि मैं बर्तन को बहुत कम भरूँगा, तो पहले बाहर आने वाली गैस बर्तन में उपस्थित हवा से मिश्रित हो, तनुकृत हो जायेगी और हमें उसे अस्वीकार करना पड़ेगा। आप देखेंगे कि इस प्रयोग में एक साधारण स्प्रिट-लैंप ही ऑक्सीजन प्राप्त करने के लिये पर्याप्त है। इसे बनाने के लिये हम दो विधियाँ इस्तेमाल करेंगे। देखिये, थोड़े से मिश्रण से



चित्र-23

यह कैसे निर्बाध रूप से निकल रही है। हम इसका परीक्षण कर, इसके गुणों का अध्ययन करेंगे। इस प्रकार, आप जैसा स्वयं देखेंगे, हम वैसी ही गैस उत्पादित कर रहे हैं, जैसी बैटरी वाले प्रयोग में प्राप्त हुई थी। यह पारदर्शक और पानी में अघुलनशील हैं, वातावरण में दृष्टिगोचर होने वाले वे सभी गुण इसमें हैं। (इस पहले जार में ऑक्सीजन के साथ हवा भी मिश्रित है अत: हम इसे अस्वीकृत कर देंगे) हम आशा करेंगे कि जिस प्रकार वोल्टायिक बैटरी द्वारा पानी से प्राप्त ऑक्सीजन ने लकड़ी, मोम तथा अन्य वस्तुओं को अत्यन्त सुदृढ़ ढंग से जलाने का गुण प्रदर्शित किया था, यहाँ भी दृष्टिगोचर होगा। यह छोटी मोमबत्ती हवा में जल रही है और अब यह इस गैस में जलेगी। {मोमबत्ती को जार के अंदर डालते हुए} देखिये, यह कितनी अधिक चमक के साथ अत्यन्त सुन्दर ढंग से जल रही है! आप इसमें कुछ और बात भी देख सकते हैं: आप जानते हैं यह भारी गैस है। हाइड्रोजन, यदि ढक्कन के भार से बंद न रखी जाती तो बैलून की तरह या शायद उससे भी तेजी से ऊपर उठती। आप देख चुके है कि पानी से हमें ऑक्सीजन की तुलना में हाइड्रोजन



चित्र-24

इसे अब हम अलग रख देंगे और कुछ और पदार्थ लेंगे। लेकिन समय के अभाव के कारण हमें अपने प्रयोग सीमित रखने पड़ेगे। अब हम गंधक ^{42} का एक टुकड़ा ले रहे हैं। आप यह जानते हैं कि गंधक हवा में किस प्रकार जलता है। अब हम इसे ऑक्सीजन में रख रहे हैं। आप देखेंगे कि जो कुछ हवा में जलता है, ऑक्सीजन में वह कहीं अधिक तीव्रता से जलता है। इससे शायद आप यह सोचें कि वातावरण की दहन-क्षमता इस गैस के ही कारण है। सामान्य गंधक अब बहुत शांतिपूर्वक जल रहा है, लेकिन सामान्य हवा की तुलना में इसकी बहुत बढ़ी हुई क्रिया के संबंध में आप कोई संदेह नहीं कर सकते।

अब मैं आपको एक अन्य पदार्थ, फॉस्फोरस का दहन प्रदर्शित करूँगा। यहाँ मैं इसे उससे ज्यादा भलीभाँति दिखा सकूँगा, जैसा आप के अपने घर में सम्भव होगा। यह अत्यन्त ज्वलनशील पदार्थ है। जब यह हवा में ही इतना ज्वलनशील है, तो आप यह कल्पना कर सकते हैं कि ऑक्सीजन में यह कितना अधिक ज्वलनशील होगा। मैं आपको यह दिखाने वाला हूँ, लेकिन इसकी पूरी तीव्रता में नहीं। यदि मैं ऐसा करूँगा तो यह उपकरण फट जायेगा। अब भी शायद इसमें दरार आ जाये, यद्यपि मैं लापरवाही से चीजें तोड़ना नहीं चाहता। देखिये यह हवा में किस प्रकार जलता है, लेकिन जब मैं इसे ऑक्सीजन में डालता हूँ तो यह कैसे शानदार प्रकाश के साथ जलता है। {प्रज्वलित फॉस्फोरस को ऑक्सीजन के जार में डालते हुए} यह देखिये वह ठोस कण निकल रहे हैं, जो दहन को ऐसा चमकीला प्रकाशमान बना रहे हैं।

अब तक हमने दूसरे पदार्थों द्वारा ऑक्सीजन की दहनशक्ति का परीक्षण किया। अब हमें कुछ और समय तक इसे हाइड्रोजन के संदर्भ में देखना चाहिये। आप जानते है कि जब हमने पानी से प्राप्त ऑक्सीजन और हाइड्रोजन को मिश्रित रूप में प्रज्वलित होने दिया था, तो हल्का विस्फोट हुआ था। आपको यह भी याद होगा कि इस मिश्रण

में हाइड्रोजन और ऑक्सीजन उसी अनुपात में थे जिसमें वह पानी में होते हैं। इस बर्तन में दो आयतन हाइड्रोजन और एक आयतन ऑक्सीजन है। यह मिश्रण वैसा ही है, जैसा कुछ देर पहले हमने वोल्टायिक बैटरी से प्राप्त किया था। एक ही बार में प्रज्वलित करने के लिये यह बहुत अधिक है। अत: मैंने इसमें साबुन के यह बुलबुले उठाने की व्यवस्था की है, ताकि इन बुलबुलों को जलाकर हम एक-दो साधारण प्रयोगों द्वारा यह देख सकें कि ऑक्सीजन किस प्रकार हाइड्रोजन के ज्वलन में सहायक हैं। हम पहले देखते है, क्या हम इसमें बुलबुले उठा सकते है। देखिये, वह गैस ऊपर उठ रही है {तम्बाकू की नली द्वारा इससे साबुन के झाग उठाते हुए}। देखिये, यह एक बुलबुला है, यह मेरे हाथ में आ रहे हैं। शायद आप यह सोचें कि मैं इस प्रयोग में कुछ बेतुका करने वाला हूँ। लेकिन यह मैं इसलिये कर रहा हूँ कि हम यह समझें कि शोर या आवाज़ पर ही भरोसा करने की अपेक्षा, हमें वास्तविक तथ्यों पर विश्वास करना चाहिये। {एक बुलबुले का विस्फोट अपनी हथेली पर करते हुए।} इस नली के सिरे पर बुलबुले का विस्फोट करने में मुझे डर है कि कहीं यह इस जार में पहुँच कर इसे चूर-चूर न कर दे। जैसा आप जानते है, इस प्रकार ऑक्सीजन और हाइड्रोजन दोनों जुड़ जायेंगे। आप इस घटना-क्रिया में देख रहे हैं और इसकी आवाज़ भी सुन रहे हैं, यह क्रिया अत्यंत तत्परता से घटती है और हाइड्रोजन के समस्त गुणों को नष्ट कर देती है।

मेरा विचार है कि अब आप ऑक्सीजन और हवा से संबंधित पानी का पूरा इतिहास समझ गये होंगे। पुटैशियम का टुकड़ा पानी में उपलब्ध है। वह क्या है जिसे यह बन्धन मुक्त कर ऑक्सीजन को बंधन-मुक्त करती है और यह प्रज्वलित हो जाती है। पुटैशियम स्वयं पानी को खंडित करने की क्रिया में ऑक्सीजन से संयोजित हो जाता है। आप कह सकते हैं- इस प्रकार पानी को खंडित कर उस पानी को जो प्रकाश-बत्ती के दहन से निर्मित हुआ था) पुटैशियम वह ऑक्सीजन स्वयं ले लेता है, जो प्रकाश-बत्ती ने हवा से ली थी। इस प्रकार यह हाइड्रोजन को बन्धन-मुक्त कर देता है। यदि मैं पुटैशियम को बर्फ पर

भी रखूँ तो भी यह, हाइड्रोजन को बन्धन-मुक्त कर देता है यदि मैं पुटैशियम को बर्फ पर भी यह हाइड्रोजन को बन्धन -मुक्त कर देता है और हाइड्रोजन और ऑक्सीजन के आपसी आकर्षण के कारण, बर्फ इसमें तुरन्त आग लगा देगा। मैं आज यह आपको दिखा रहा हूँ ताकि इस विषय में आपके विचार विस्तृत रूप ले सकें और आप देख सकें कि परिस्थितियाँ किस प्रकार परिणामों को प्रभावित करती हैं। देखिये यह पुटैशियम बर्फ के ऊपर कैसी ज्वालामुखी जैसी क्रिया प्रदर्शित कर रहा

इस व्याख्यान में मैने आपका ध्यान अनेक असामान्य प्रक्रियाओं की ओर आकर्षित किया। अगली बार मिलने पर मेरा उद्देश्य यह दिखाना होगा कि ऐसी अतिविचित्र और क्षतिकारक क्रियाएँ सामान्य दहन में उस समय तक नहीं होतीं, जब तक हम स्वयं को प्रकृति के मार्गदर्शी नियमों में नियोजित रखते हैं, यह दहन चाहे प्रकाश-बत्ती का हो, सड़कों पर गैस का हो, अथवा हमारी अंगीठियों में ईधन का।

व्याख्यान V

हवा की ऑक्सीजन–वातावरण का स्वरूप–इसके गुण–प्रकाश–बत्ती से उत्पन्न होने वाले अन्य पदार्थ–कार्बोनिक–अम्ल–इसके गुण।

व्याख्यान V

हम देख चुके है कि प्रकाश-बत्ती से हमें जो पानी मिला था, उससे हम हाइड्रोजन और ऑक्सीजन प्राप्त कर सकते हैं। हाइड्रोजन इसे प्रकाश-बत्ती से और ऑक्सीजन वातावरण से मिलती है। आप अब मुझसे यह प्रश्न कर सकते हैं कि हवा और ऑक्सीजन प्रकाश-बत्ती को समान ढंग से क्यों नहीं जलाते? आप को याद होगा जब मैंने ऑक्सीजन-भरा जार प्रकाश-बत्ती के ऊपर रखा था तो बहुत भिन्न प्रकार का ज्वलन देखने को मिला था। ऐसा क्यों है? यह बहुत महत्वपूर्ण प्रश्न है और मैं इसे समझाने का प्रयास करुँगा। इसका बहुत गहरा संबंध हमारे वातावरण के स्वरूप से है, जो हमारे लिये अत्यंत महत्वपूर्ण हैं।

ऑक्सीजन की पहचान के लिये, इसमें वस्तुओं के दहन के अतिरिक्त अनेक अन्य परीक्षण-विधियाँ भी हमारे पास हैं। आप प्रकाश-बत्ती और फॉस्फोरस का हवा और ऑक्सीजन तथा लोहे की छीलन का ऑक्सीजन में दहन देख चुके हैं। लेकिन इनके अतिरिक्त भी अन्य परीक्षण-विधियाँ हैं। मैं इनमें से एक या दो का उल्लेख करुँगा ताकि इस विषय में आपका अनुभव और धारणायें और आगे बढ़ें।

इस बर्तन में ऑक्सीजन है। मैं इसकी अपस्थिति प्रदर्शित करुँगा। आप अपने पिछले अनुभव से जानते हैं कि यदि इस जार में मैं एक चिनगारी छोड़ूँ तो क्या होगा। आप इससे जान लेंगे कि इसमें ऑक्सीजन है, अथवा नहीं। हाँ, हम यह ज्वलन द्वारा सिद्ध कर चुके हैं। ऑक्सीजन के परीक्षण की एक अन्य विचित्र और उपयोगी विधि और है। मेरे पास गैस से भरे यह दो जार हैं, और इनके बीच में यह प्लेट है, ताकि यह मिश्रित

न हो सकें। अब मैं यह प्लेट हटाता हूँ। गैस धीरे-धीरे एक दूसरे में प्रविष्ट होने लगती हैं। आप कहेंगे-''यह हो क्या रहा है, इनके मिलने से ऐसा कोई ज्वलन नहीं हो रहा, जैसा हमने प्रकाश-बत्ती के उदाहरण में देखा था।'' लेकिन देखिये, ऑक्सीजन की उपस्थिति का, इस दूसरे पदार्थ' के साथ संयोजन से पता चल रहा है। इससे हमें कैसी सुन्दर रंगीन गैस मिल रही है और इससे ऑक्सीजन की उपस्थिति का पता चलता है। हम यह प्रयोग सामान्य हवा के साथ भी देख सकते हैं। इस जार में हवा है (जिसमें प्रकाश-बत्ती जलती है) तथा दूसरे में परीक्षक-गैस* है। मैं इन्हें पानी के ऊपर एक साथ आने का अवसर दे रहा हूँ। आप देख सकते है कि हमें पहले जैसी प्रक्रिया पुनः प्राप्त हो रही है, परीक्षक-गैस हवा के जार में प्रवाहित हो रही है।

इससे पता चलता है कि हवा में ऑक्सीजन मौजूद है-वही ऑक्सीजन जो हम प्रकाश-बत्ती से प्राप्त होने वाले पानी से प्राप्त कर चुके हैं। लेकिन प्रकाश-बत्ती हवा में उतनी भलीभाँति क्यों नहीं जलती जितनी कि ऑक्सीजन में? अब हम शीघ्र ही इस प्रश्न पर आ रहे हैं।

मेरे पास यह दो जार हैं, यह एक ही ऊँचाई तक गैस से भरे हैं। बाहर से यह एक जैसे ही दिखते हैं, मुझे यह पता नहीं है कि इनमें से किसमें हवा और किसमें ऑक्सीजन है, यद्यपि मैं जानता हूँ कि यह जार इन दो गैसों से भरे गये हैं। यह हमारी परीक्षक-गैस है। मैं इससे इन दोनों का परीक्षण

---

* जो गैस यहाँ ऑक्सीजन के परीक्षण के लिये प्रयुक्त की गई है, नाइट्रोजन की बिन-आक्साइड, अथवा नाइट्रस ऑक्साइड है। यह एक रंगहीन गैस है जो ऑक्सीजन के सम्पर्क में आने पर इससे संयोजित होकर उल्लेखित लाल रंग की हाइपोनाइट्रिक अम्ल गैस निर्मित करती है।

करुँगा और देखूँगा कि क्या इस दोनों की परीक्षक-गैस को लाल करने की क्षमता में कोई अंतर है। मैं अब यह परीक्षक-गैस एक जार में डाल रहा हूँ। आप देख सकते हैं कि यह लाल हो रही है, अत: स्पष्ट है कि इसमें ऑक्सीजन मौजूद है। अब हम दूसरे जार का परीक्षण करेंगे और आप एक विचित्र बात देखेंगे। यदि हम इन दो गैसों को मिला कर पानी के साथ भलीभाँति हिलायें, तो पानी लाल गैस को सोख लेता हैं। यदि मैं और अधिक परीक्षक-गैस इसमें डालूँ और पुन: हिलाऊँ तो पानी और अधिक लाल गैस सोख लेगा, मैं ऐसा तब तक कर सकता हूँ जब तक जार में ऑक्सीजन समाप्त नहीं हो जाती। यदि मैं इसमें हवा प्रविष्ट होने दूँ, तो कोई अन्तर नहीं पड़ेगा, लेकिन जैसे ही मैं इसमें पानी डालूँगा, लाल गैस गायब हो जायेगी। अंत में मैं उस स्थिति में पहुँच जाऊँगा कि जार में बची हुई गैस विशिष्ट परीक्षक-गैस को लाल नहीं कर पायेगी। ऐसा क्यों है? आप तुरन्त समझ जायेंगे कि जार में ऑक्सीजन के अतिरिक्त कुछ और भी है, जो अंतत: इसमें बच जाता है। मैं इसमें थोड़ी हवा और प्रविष्ट होने दूँगा। यदि यह लाल हो गई तो पता चल जायेगा कि लाल करने वाली परीक्षक-गैस अभी भी जार में बची है। अत: यह निष्कर्ष निकलेगा कि जार में बची हुई गैस के लाल न होने का कारण परीक्षक-गैस का अभाव नहीं है।

अब आप वह बात समझ सकेंगे, जो मैं कहने वाला हूँ। आपने देखा था कि हमने जब एक जार में फॉस्फोरस जलाया था और हवा की ऑक्सीजन संघनित हो गयी थी, तो बहुत सी बिनाजली गैस इसमें बच गई थी। ठीक ऐसे ही, जैसे इस लाल गैस ने कुछ अनछुआ छोड़ दिया है। वास्तव में यह अवशिष्ट गैस फॉस्फोरस भी इस्तेमाल नहीं कर पाता। जिस गैस को लाली प्रदान करने वाली परीक्षक-गैस अनछुआ छोड़ देती है, वह ऑक्सीजन नहीं है, लेकिन वह भी हमारे वातावरण का एक भाग हैं।

इस प्रकार हवा को दो भागों में विभक्त किया जा सकता है, और यह इनसे मिल कर बनी है: ऑक्सीजन, जो हमारी प्रकाश-बत्तियों, फॉस्फोरस तथा अन्य वस्तुओं के दहन में सहायक है और यह दूसरा पदार्थ-नाइट्रोजन [43] जो उन्हें प्रज्वलित नहीं करता। हवा का यह दूसरा भाग इसमें बहुत बड़े अनुपात में है, और अध्ययन करने पर बहुत विचित्र लगता है। फिर भी प्राय: हम कहते हैं, यह अत्यंत अरोचक है। यह इस दृष्टि से अरोचक लगता है कि ज्वलन के चमकीले प्रभाव प्रदर्शित नहीं करता। यदि हम एक पतली मोमबत्ती से इसका परीक्षण करें (जैसा मैंने ऑक्सीजन और हाइड्रोजन का किया था) तो यह हाइड्रोजन की तरह जलेगी नहीं, न ही यह ऑक्सीजन की तरह मोमबत्ती को जलायेगी। मैं कोई भी प्रयास करुँ यह इन दोनों में से कुछ भी नहीं करेगी, यह हर वस्तु के ज्वलन को बुझा देगी। सामान्य परिस्थितियों में, इसमें कुछ भी नहीं जलेगा। इसमें कोई गंध नहीं है, खटास नहीं है, यह पानी में अघुलनशील है, यह न अम्ल है न क्षार, यह हमारे शरीर के समस्त अंगों के प्रति उतनी ही उदासीन है जितनी कोई वस्तु हो सकती है। शायद आप कहें यह कुछ नहीं है, यह रासायनिक अध्ययन योग्य नही है- इसका हवा में कार्य क्या है? लेकिन तभी हमारे समक्ष वह निष्कर्ष आ जाते हैं, जो एक प्रतिबोधी और प्रतिभाशाली दार्शनिक ने प्राप्त किये हैं। कल्पना कीजिये कि हमारे वातावरण में नाइट्रोजन अथवा नाइट्रोजन और ऑक्सीजन के मिश्रण की जगह केवल शुद्ध ऑक्सीजन होती, तो हम सब का क्या होता। हम यह भलीभाँति जानते हैं कि ऑक्सीजन के जार में प्रज्वलित लोहे की छीलन पूर्णत: समाप्त होने तक जलती ही रहती है। जब आप लोहे की किसी जाली में आग लगते देखें तो कल्पना कीजिये कि यदि हमारा वातावरण पूर्णत: ऑक्सीजन का बना होता, तो इसका क्या होता। यह जाली कोयले से भी अधिक शक्तिशाली ढंग से जलती, क्योंकि

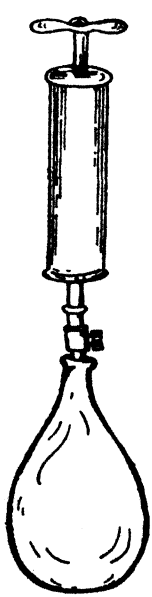
इसका लोहा भी कोयले से अधिक ज्वलनशील बन जाता है। किसी इंजन के अंदर जलाई गई आग, शस्त्रागार में लगी आग की तरह हो जाती। नाइट्रोजन इसे नियंत्रित और उपयोगी बनाती है। इसके अतिरिक्त, ऐसी जगहों पर पहुँचा देती है जहाँ उसकी आवश्यकता हमारी वनस्पतियों को जावित रखने के लिये है।[44] यद्यपि आप इसके परीक्षण के बाद कह सकते हैं। "अरे! यह तो बिल्कुल उदासीन वस्तु है," लेकिन वास्तव में यह मनुष्य के लिये एक अत्यंत उपयोगी और हितकर कार्य कर रही है। नाइट्रोजन अपनी सामान्य अवस्था में एक अत्यंत निश्क्रिय तत्व है। तीव्रतम विद्युत-शक्ति की क्रिया से कम (और वह भी बहुत ही कम मात्रा में), कुछ भी इसे वातावरण अथवा उसके आस-पास के अन्य तत्वों से संयोजित कर पाने में सक्षम नहीं है। यह पूर्णत: उदासीन है, अत: सुरक्षित कही जा सकती है। लेकिन आपको इस निष्कर्ष पर ले जाने से पहले मैं वातावरण के संबंध में और बात करुँगा। मैंने इस आरेख में वातावरण के सौ भागों की संरचना वर्णित की है:

	परिमाण	भार
ऑक्सीजन	20.00	22.30
नाइट्रोजन	80.00	77.70
	-----	-----
योग	100.00	100.00

जहाँ तक ऑक्सीजन और नाइट्रोजन के परिमाण की बात है, यह वातावरण का सही विश्लेषण है। इस विश्लेषण के अनुसार वातावरण के 5 पाइंट में ऑक्सीजन और नाइट्रोजन के (अनुपातिक) परिमाण 1 पाइंट ऑक्सीजन और 4 पाइंट नाइट्रोजन है। यह वातावरण का विश्लेषण है। ऑक्सीजन को घटाने के लिये नाइट्रोजन की पूरी मात्रा आवश्यक है- जिससे

प्रकाश-बत्ती को ठीक से जलने के लिये ईंधन, और हमारे फेफड़ों को साँस लेने के लिये सुरक्षित और स्वस्थ वातावरण मिल सके। ऑक्सीजन का सही अनुपात साँस लेने के लिये भी उतना ही आवश्यक है, जितना कि प्रकाश-बत्ती के ज्वलन के लिये।

अब वातावरण के विषय में पहले आपको इन गैसों का भार बता दूँ। एक पाइंट नाइट्रोजन का भार 104/10 (10.4) ग्रेन, अथवा एक घन फुट का 7/6 (1.16) आउंस [45] होता है। ऑक्सीजन अधिक भारी होती है: इसके 1 पाइंट का भार 119/10 (11.9) ग्रेन और एक घन फुट का भार 7/4 (1.73) आउंस [45] होता है। हवा के एक पाइंट का भार लगभग 107/10 (10.7) ग्रेन और घन फुट का 6/5 (1.2) आउन्स होता है।

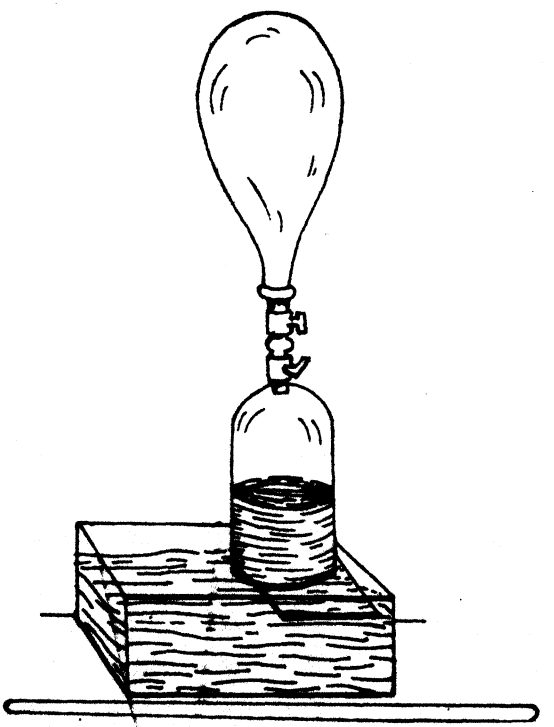


चित्र -25

आपने कई बार पूछा है, और मैं इससे बहुत प्रसन्न हूँ, कि गैसों को तोला कैसे जाता है? मैं आपको यह प्रदर्शित करुँगा। यह सरलता से किया जा सकता है। देखिये, यह एक तुला है, और यह एक ताँबे की बोतल। आवश्यक मजबूती बनाये रखते हुए, इसे खराद मशीन से यथासंभव हल्का बनाया गया है। यह पूर्णत: वायुरोधी (एयर टाइट) है और इसमें ऐसी टोंटी (स्टाप-काक) लगी है, जिसे हम इच्छानुसार खोल या बंद कर सकते हैं। इस समय यह खुली है और बोतल में हवा भरी है। यह भलीभाँति समायोजित तुला है, जिसमें एक ओर इसे तथा दूसरी ओर उपयुक्त भार रख कर संतुलित किया जायेगा। यह एक पंप है, जिसकी शक्ति से हम इस बोतल में हवा भर सकते हैं। इसकी सहायता से हम बोतल में निश्चित (पम्प से गिने हुए) मापों के बराबर हवा भरेंगे {बोतल में 20 माप भरे गये}। अब इसकी टोंटी बंद कर, इसे हम तुला पर रखेंगे। देखिये, यह तुला किस प्रकार झुक गई है, यह (बोतल) अब पहले से अधिक भारी है। क्यों? उस हवा के कारण जो इसमें पम्प से शक्तिपूर्वक भरी गई है। इसमें हवा का परिमाण (आयतन) नहीं बढ़ा है, लेकिन अधिक भारी हवा का परिमाण बढ़ा है, क्योंकि हमने इसमें पम्प से शक्तिपूर्वक अधिक हवा भरी है। आपको इसका अनुमान है कि हवा के कितने माप इसमें भरे गये हैं। देखिये, यह पानी से भरा एक जार है, हम इसमें ताँबे की बोतल खोलेंगें और हवा को अपनी पहली अवस्था में वापस आने का अवसर देंगे। अब मुझे केवल दोनों के बीच की चूड़ियों को कस देना होगा और टोंटी खोल देनी होगी। अब आप उस बीस पम्प हवा का प्रभाव बोतल में देख सकते हैं। यह निश्चय करने के लिये कि प्रयोग ठीक हुआ है हम बोतल को पुन: तोलेंगे। यदि इसका भार अपने पहले वाले भार के बराबर उतरता है, तो हम विश्वास-पूर्वक कह सकते हैं कि प्रयोग ठीक हुआ है। देखिये यह संतुलित है, अत: हम पता कर सकते है कि हवा के जो

अतिरिक्त आयतन हमने (पम्प से) शक्तिपूर्वक इसमें भरे थे उनका भार क्या है। इस प्रकार हम यह निश्चित कर सकते हैं कि एक घन फुट हवा का भार 6/5 (1.2) आउंस है।

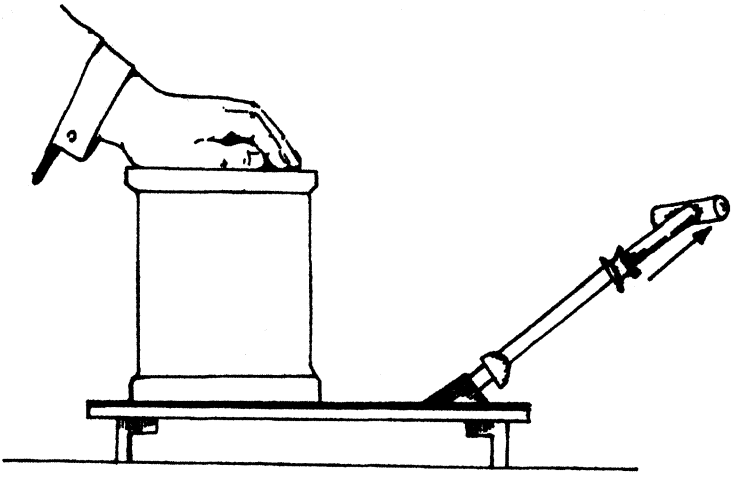
लेकिन इस छोटे से प्रयोग से आप विषय का पूर्ण सत्य नहीं समझ सकेंगे। यह आश्चर्यजनक बात है कि इतने अधिक आयतन इस प्रकार कैसे एकत्रित हो जाते हैं। हवा के इस परिमाण{एक घन फुट } का भार 6/5 (1.2) आउंस है। उधर, ऊपर की ओर उस बक्स के अंदर भरी मात्रा के विषय में आप क्या सोचते हैं, जो मैंने इसी विशिष्ट उद्देश्य से बनवाया है। उस बक्स के अंदर की हवा का भार एक पाउंड,



चित्र -26

एक पूरा पाउंड, है। मैंने इस कमरे में हवा के भार की गणना की है: आप शायद ही कल्पना कर पायें, लेकिन इसका भार कई टन से अधिक है। आयतन के साथ यह भार बहुत तेजी से बढ़ते हैं। वातावरण की ऑक्सीजन और नाइट्रोजन वस्तुओं को इधर-उधर फैलाकर हानिकारक वाष्पों को उन जगहों पर पहुँचाती है, जहाँ वह हानिकर न होकर हितकर होती हैं। वातावरण का यह कार्य अत्यंत महत्वपूर्ण है।

हवा के भार के संबंध में यह दृष्टांत देने के बाद, अब मैं इसके कुछ परिणाम प्रदर्शित करुँगा। यह आवश्यक है, क्योंकि इसके बिना आप बहुत कुछ नहीं समझ सकेंगे। क्या आपको इस प्रकार का प्रयोग याद है? क्या आपने कभी यह देखा है? मैं इसी प्रकार का पम्प एक विशिष्ट व्यवस्था से एक ऐसे बर्तन से जोड़ रहा हूँ, जिस पर मैं हाथ रख सकता हूँ। मेरा हाथ अत्यंत सरलता से, बिना कुछ (कठिनाई) अनुभव किये हवा में हिल-डुल सकता है। मेरी अपनी गति वातावरण में कोई गति उत्पन्न करने के लिये अपर्याप्त है, जिससे स्पष्ट है कि वातावरण स्वयं अपनी गति में बाधक है। लेकिन जब मैं अपना हाथ यहाँ रखता हूँ { पम्प से जुड़े बर्तन पर जो बाद में खाली कर दिया गया}, तो यह चिपक क्यों जाता है? मैं इससे पम्प को इधर उधर खींच सकता हूँ, पर स्वयं अपना हाथ छुड़ा पाना कठिन है। ऐसा क्यों है? यह हवा के कारण है, उस हवा के कारण जो ऊपर वातावरण में है। मेरे पास एक दूसरा प्रयोग भी है जो यह बात आपको और अच्छी तरह समझा सकेगा। जब हवा उस थैली के नीचे से (बाहर) पम्प की तरफ जाती है (जो उस काँच पर फैली है) तो प्रभाव आप एक दूसरे रूप में देखते हैं। अभी इसकी ऊपरी सतह चपटी है, लेकिन पम्प से मैं इसमें गति उत्पन्न करता हूँ। आप अब देखिये। सतह कैसे नीचे गिर गई है और अंदर की ओर मुड़ गई है। आप इसे निरंतर और अधिक धसकते हुए देखेंगे, और मुझे विश्वास है कि अंततः यह

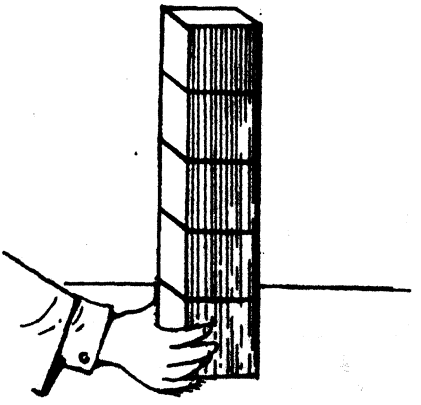


चित्र -27

बिल्कुल अंदर की ओर चली जायेगी और वातावरण के दबाव से फट जायेगी {थैली अंततः एक धमाके के साथ फट गई}। आपने देखा यह केवल हवा के भार के दबाव से हुआ। वातावरण के कण एक दूसरे के ऊपर एकत्रित रहते हैं, जिस प्रकार यह पाँच घन। आप सरलता से समझ सकते हैं कि इनमें से चार नीचे वाले घन पर आधारित हैं। मैं यदि इसे हटा लूँ तो अन्य सभी गिर जायेंगे। वातावरण के साथ भी ऐसा ही है। ऊपर वाली हवा नीचे की हवा पर रुकी है। इसे पम्प से हटाने पर जो परिवर्तन हुआ वह आपने उस समय देखा जब मैंने अपना हाथ हवा के पम्प पर रखा। थैली के उदाहरण में भी आपने यह प्रभाव देखा। आप अब इसे और भी अच्छी तरह देखेंगे। मैंने इस जार पर इंडिया-रबर की चादर का एक टुकड़ा

बाँध दिया है। अब मैं जार के अंदर की हवा खींचने जा रहा हूँ। आप यदि इंडिया रबर के इस टुकडे को, जो ऊपर और नीचे की हवा को विभाजित कर रहा है, उस समय ध्यान से देखें जब मैं पंप का इस्तेमाल करूँ, तो आप देखेंगे कि दबाव किस प्रकार स्वयं को प्रदर्शित करता है। देखिये यह किधर जा रहा है। मैं जार में अपना हाथ भी डाल सकता हूँ, लेकिन यह प्रभाव केवल हवा की शक्तिशाली क्रिया द्वारा ही मिल रहा है। इस विचित्र स्थिति को यह प्रयोग कितने सुन्दर ढंग से प्रदर्शित कर रहा है।

देखिये, यह एक उपकरण है, जिसे इस व्याख्यान के बाद आप खींच कर देख सकते हैं। इसमें पीतल के दो खोखले अर्ध-गोले हैं, जो आपस में जोड़े जा सकते हैं। इनमें एक नली और उसमें एक टोंटी लगी है, जिसके द्वारा इनके अंदर की हवा निकाली जा सकती है। जब तक इनके अंदर हवा मौजूद है, इन्हें बड़ी सरलता से अलग किया जा सकता है। लेकिन जब इनके अंदर की हवा बाहर निकाल देते हैं, आपमें से कोई भी दो व्यक्ति अपनी पूरी शक्ति लगा कर भी, इन्हें अलग नहीं कर



चित्र-28

सकेंगे। हवा निकाल देने पर, इस बर्तन के प्रत्येक वर्ग-इंच पर लगभग पन्द्रह पाउंड भार का दबाव होगा। शीघ्र ही आप अपनी शक्ति का परीक्षण कर, देखेंगे कि क्या आप वातावरण के इस दबाव को पराजित कर सकते हैं।

यह एक अन्य सुन्दर उदाहरण है, दार्शनिकों द्वारा परिमार्जित बच्चों का चूषक। बच्चों का यह अधिकार है कि अपने खिलौनों को दर्शन में परिवर्तित कर लें, जिस प्रकार आजकल दर्शन को खिलौनों का रूप दिया जा रहा है। यह इंडिया-रबर से बना केवल एक चूषक है। अगर मैं इसे मेज़ पर पटकूँ, तो आप देखेंगे कि यह तुरन्त इसे पकड़ लेता है। यह इसे क्यों पकड़ लेता है। मैं इसे इधर-उधर खिसका सकता हूँ लेकिन जब मैं इसे खींचने का प्रयास करता हूँ तो लगता है कि इस पूरी मेज़ को ही एक स्थान से दूसरे स्थान पर खिसका सकता हूँ, लेकिन इसे मेज़ से अलग केवल तभी किया जा सकता है, जब इसे मेज़ की कगार पर ले आया जाये। यह केवल ऊपरी वातावरण के दबाव के कारण इस प्रकार चिपक जाता है। यह देखिये यह इन चूषकों का एक जोड़ा है। आप यदि इन दोनों को मिलाकर एक साथ दबायें तो देखेंगे कि किस प्रकार यह एक दूसरे से चिपक जाते हैं। हम वास्तव में इनका प्रस्तावित उपयोग भी कर सकते हैं, अर्थात इन्हे खिड़की अथवा दीवार पर चिपका कर, इन पर, शाम तक इच्छानुसार कुछ टाँग सकते हैं। लेकिन मेरा विचार है कि आपको कुछ ऐसा प्रयोग दिखाना चाहिये जो आप अपने घर पर भी कर सकें। प्रस्तुत प्रयोग वातावरण का दबाव प्रदर्शित करने के लिये एक ऐसा ही सुन्दर प्रयोग हैं। देखिये यह पानी से भरा एक गिलास है। अगर मैं कहूँ कि आप इसे उल्टा कर दें, लेकिन इसका पानी बिना हाथ से रोके (केवल वातावरण के दबाव की सहायता से) गिलास से न गिर पाये, तो क्या आप ऐसा कर पायेंगे? पानी से पूरा या आधा भरा एक गिलास लीजिये और इसके ऊपर एक पतली दफ्ती रख

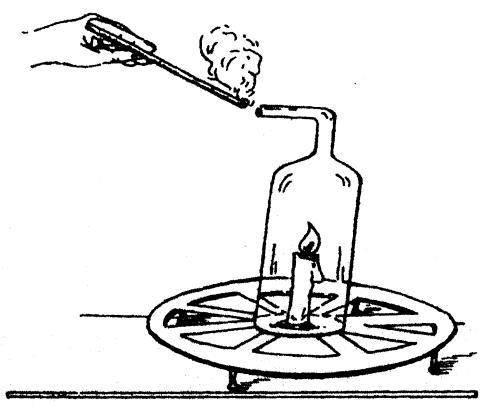
दीजिये। इसे उल्टा कीजिये और देखिये कि दफ्ती और पानी का क्या होता है। इसमें किनारों की ओर कोषिकाकर्षण-शक्तियों के कारण हवा प्रविष्ट नहीं हो पाती।

मेरे विचार से अब आपको 'हवा की पदार्थता' का सही अनुमान प्राप्त हो गया होगा। जब मैं कहता हूँ कि उस बक्से में एक पाउंड हवा है और इस कमरे में एक टन से अधिक, तो आप इसकी गंभीरता समझ सकेंगे। इसकी निश्चित प्रतिरोधी शक्ति के विषय में आपको विश्वस्त करने के लिये मैं एक और छोटा सा प्रयोग करूँगा। देखिये यह तुषंग (पॉप-गन) का बहुत अच्छा प्रयोग है। इसे बहुत सरलता से किया जा सकता है। यदि हम एक बांसुरी या उस जैसी कोई नली लें और उसके एक सिरे पर आलू या सेब का गोल टुकड़ा काट कर डाल दें (जैसा मै कर रहा हूँ), और एक दूसरा टुकड़ा भी इसी तरह इसके अंदर कर दें, जिससे बीच की हवा पूरी तरह बंध जाये, तो इन दोनों को एक दूसरे के समीप ला पाना, पूरी शक्ति लगाने पर भी, संभव नहीं होगा। ऐसा नही किया जा सकता। कुछ सीमा तक मैं हवा को दबा सकता हूँ, लेकिन यदि मैं ऐसा बराबर करता रहूँ, तो दोनों के आपस में मिलने से बहुत पहले ही, बंद हवा बाहरी टुकड़े को बारूद जैसी शक्ति से बाहर फेंक देगी। वास्तव में बारूद की शक्ति भी अंशतः इसी प्रक्रिया पर निर्भर है, जिसका उदाहरण आपने देखा।

अभी कुछ दिन पहले, मैंने एक प्रयोग देखा, जो मुझे बहुत अच्छा लगा। मेरे विचार से यह हमारे लिये अत्यंत उपयोगी है (इसे आरम्भ करने से पहले मुझे चार-पाँच मिनट शान्त रहना चाहिये, क्योंकि इसकी सफलता मेरे फेफड़ो पर निर्भर करेगी)। हवा के उपयुक्त उपयोग से मैं इस अंडे को अपनी साँस की शक्ति से एक प्याले से दूसरे में पहुँचा सकने की आशा करता हूँ। लेकिन मैं यदि सफल न हो सका तो इसके

पीछे एक अच्छा उद्देश्य (व्याख्यानदाता का निरंतर व्याख्यान) ही होगा। मैं सफलता का वादा नहीं करूँगा, क्योंकि मैं उससे कहीं अधिक बोला हूँ, जितना मुझे इस प्रयोग की सफलता के लिये बोलना चाहिये था।{व्याख्यानदाता ने प्रयोग प्रदर्शित करने का प्रयास किया और अंडे को एक प्याले से दूसरे में फूँकने में सफल हो गया।}देखिये, जो हवा मैंने फूँकी उसने प्याले और अंडे के बीच पहुँचकर, उसके नीचे ऐसा शक्तिशाली प्रवाह उत्पन्न किया कि अंडे जैसी भारी वस्तु भी उठ गई। यदि आप यह प्रयोग करना चाहें तो अंडे को उबाल कर सख्त बना लें। इससे आप अधिक विश्वासपूर्वक, केवल साधारण सावधानी से, फूँक कर इसे एक प्याले से दूसरे में पहुँचा सकेंगे।

मैं अब काफी समय तक हवा के भार-संबंधी गुण की चर्चा कर चुका हूँ। मैं एक और बात का उल्लेख भी करना चाहूँगा। आपने अभी देखा कि किस प्रकार मैं इस तुषंग (पॉप-गन) से आलू के दूसरे टुकड़े को हवा के लचीलेपन के प्रभाव से आधा अथवा दो-तिहाई इंच दूर फेंक सका। इसी क्रिया से मैंने पम्प की सहायता से ताँबे की बोतल में हवा के कणों



चित्र -29

का दबाव उत्पन्न किया था। यह हवा के एक विलक्षण गुण, इसके लचीलेपन, पर निर्भर है और मैं इसका एक अच्छा उदाहरण देना चाहूँगा। हवा का लचीलापन प्रदर्शित करने के लिये मुझे ऐसी वस्तु की आवश्यकता है जो हवा को अपने अंदर सीमित रख सके, जैसे यह झिल्ली, और जो इसके साथ-साथ फैल और सिकुड़ सके, जिससे हवा का लचीलापन मापा जा सके। यदि मैं झिल्ली की इस थैली में कुछ हवा भर दूँ, और फिर बाहर का वातावरण हटा कर इसका दबाव हटा दूँ (जिस प्रकार उपरोक्त उदाहरणों में हमने हवा का दबाव बढ़ाया था) तो आप देखेंगे कि यह निरन्तर फैलकर, बृहद और बृहदतर होने लगती है और अंततः पूरे बेलजार को भर देती है। इस प्रकार हवा का यह विचित्र गुण, इसका लचीलापन तथा बहुत बड़ी सीमा तक फैलने एवं सिकुडने की क्षमता, प्रदर्शित होती है। हवा के यह गुण उन उद्देश्यों और कार्यों के लिये परमावश्यक हैं जिन पर सृष्टि की व्यवस्था निर्भर है।

अब हम अपने विषय के एक अत्यन्त महत्वपूर्ण क्षेत्र में आ रहे हैं। आपको प्रकाश-बत्ती के ज्वलन-संबंधी वह परीक्षण याद होंगे, जिनसे हमने इस के विभिन्न उत्पादों के विषय में पता लगाया था। हम जानते हैं इन उत्पादों में हैं: धुंआ और पानी तथा और भी कुछ जिसका परीक्षण अभी आपने नहीं किया है। पानी हमने संग्रहित कर लिया था, लेकिन अन्य वस्तुओं को वातावरण में जाने दिया था। आइये, अब इनमें से कुछ अन्य उत्पादों के परीक्षण को जो प्रयोग हम अब करने वाले हैं, इस प्रश्न का उत्तर पाने में सहायक होगा। हम अपनी प्रकाश-बत्ती वहाँ रखकर, उस पर एक चिमनी रख देंगे।

इस प्रकार, यह बिना बुझे जलती रहेगी, क्योंकि नीचे और ऊपर दोनों ओर हवा के लिये रास्ता खुला है। सर्वप्रथम आप नमी प्रकट होते हुए देखेंगे, जिसके बारे में आपको

जानकारी है। यह वह पानी है, जो हवा के साथ बत्ती की हाइड्रोजन की क्रिया से उत्पन्न हुआ है। लेकिन इस के अतिरिक्त, कुछ और ऊपर की ओर बाहर आ रहा है। यह नमी नहीं है, पानी नहीं है, संघनीय नहीं है, लेकिन इसमें भी विशिष्ट गुण हैं। आप देखेंगे कि बाहर निकलने वाली हवा उस प्रकाश-बत्ती को बुझाने के लिये पर्याप्त है, जो मैं वहाँ अपने हाथ में लिये हूँ। यदि मैं इसे (नई गैस के) प्रवाह के समक्ष लाऊँ तो वह इसे पूर्णातः बुझा देगा। आप कहेंगे कि ऐसा तो होना ही चाहिये। मेरा अनुमान है आप ऐसा इसलिये सोच रहे हैं क्योंकि बत्ती नाइट्रोजन में प्रज्वलित नहीं होती। लेकिन क्या यहाँ नाइट्रोजन के अतिरिक्त और कुछ नहीं है? अब मेरे लिये कुछ पुर्वानुमान आवश्यक है, अर्थात मुझे आपको वह जानकारी और साधन देना आवश्यक है जिससे हम कुछ निष्कर्ष प्राप्त कर सकें और इन गैसों का परीक्षण कर सकें। देखिये, मैं, यह एक खाली बोतल ले रहा हूँ। यदि मैं इसे चिमनी के ऊपर रखूँ, तो प्रज्वलित बत्ती से उत्पन्न पदार्थ इसमें आ जायेंगे। अब हमें बहुत शीघ्र पता चल जायेगा कि इस बोतल की हवा न केवल पतली मोमबत्ती के ज्वलन के लिये अच्छी नहीं है, इसमें कुछ अन्य भिन्न गुण हैं।

मैं थोड़ा अनबुझा चूना लेकर उस पर साधारण पानी डाल रहा हूँ (बिल्कुल साधारण पानी से काम चल जायेगा)। मैं इसे कुछ समय तक हिलाकर एक कीप में छन्ने कागज पर डालूँगा। बहुत शीघ्र साफ (चूने का) पानी नीचे की इस बोतल में आने लगेगा। यह पानी काफी बड़ी मात्रा में मेरे पास दूसरी बोतल में है, लेकिन मैं इस चूने के पानी का उपयोग करना चाहता हूँ, जो आपके सामने बनाया गया है (ताकि आप इसका उपयोग देख सकें)। यदि मैं इस स्वच्छ चूने के पानी की कुछ मात्रा इस जार में डाल दूँ, जिसमें प्रकाश-बत्ती की हवा संग्रहित है, तो आप एक परिवर्तन होते देखेंगें। क्या आपने देखा कि

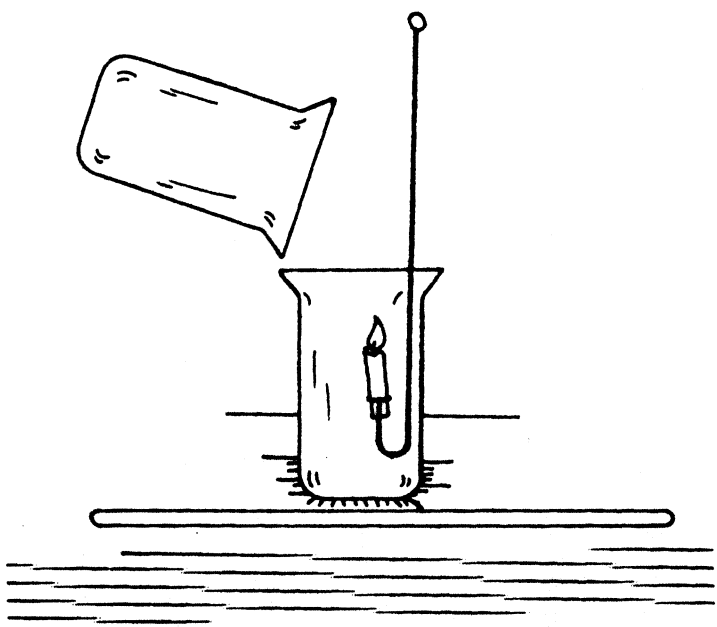
पानी बिल्कुल दूधिया हो गया [46] ? देखिये, केवल हवा से ऐसा नहीं होता। इस बोतल में हवा भरी हैं यदि मैं इसमें कुछ चूने का पानी डालूँ तो इसमें उपस्थित ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, अथवा अन्य कुछ भी (जो हवा की इस मात्रा में विद्यमान हैं) ऐसा कोई परिवर्तन नहीं कर सकेंगे। यह चूने का पानी पूर्णत: स्वच्छ बना रहेगा। लेकिन मैं यदि इसमें चूने का पानी लेकर इसे इस प्रकार पकड़े रहूँ कि प्रकाश-बत्ती के उत्पादों का सम्पर्क इससे हो सके तो यह बहुत शीघ्र दूधिया हो जायेगा। इस प्रक्रिया में निर्मित होने वाला पदार्थ खड़िया है। यह चूने (जिसका उपयोग हमने इसे बनाने में किया था) और प्रकाश-बत्ती से उत्पन्न उस पदार्थ के संयोजन से बनी है, जिसकी खोज हम करना चाहते हैं। मैं आज आप से इस के विषय में ही बात करना चाहता हूँ। यह चूने से क्रिया द्वारा दृष्टिगोचर हो जाता है, कि क्रिया ऑक्सीजन, नाइट्रोजन अथवा स्वयं पानी की नहीं, मोमबत्ती से उत्पन्न उस पदार्थ की है जो हमारे लिये नया है। यह सफेद चूर्ण चूने के पानी और प्रकाश-बत्ती से प्राप्त वाष्प के सम्पर्क से बना है और सफेदी अथवा खड़िया जैसा दिखता है। परीक्षण से सिद्ध होता है कि यह वास्तव में सफेदी अथवा खड़िया ही है। इस प्रयोग से हम खड़िया के निर्माण के कारणों की जानकारी प्राप्त कर, प्रकाश-बत्ती के ज्वलन से संबंधित नया ज्ञान पा सके। हमें पता चला कि प्रकाश-बत्ती से निकलने वाला यह पदार्थ वही है, जो किसी भभके (रिटार्ट) में गीली खड़िया को लाल-गर्म करने पर प्राप्त होता है।

---

* संगमरमर (मारबिल) कार्बोनिक अम्ल और चूने का यौगिक है। म्यूरिआटिक अम्ल दोनों में अधिक शक्तिशाली होने के कारण, कार्बोनिक अम्ल का स्थान ले लेता है और यह गैस के रूप में बाहर आ जाता है और चूने का म्यूरिएट अथवा कैल्शियम क्लोराइड अवशेष रह जाता है।

इस पदार्थ के गुणों के अध्ययन के लिये, इसे बड़ी मात्रा में प्राप्त करने की और अच्छी विधियाँ उपलब्ध है। यह हमें अनेक उन वस्तुओं में बहुत प्रचुरता से मिलता है, जिनमें हम इसकी उपस्थिति की कल्पना भी नहीं करते। प्रकाश-बत्ती से निकलने वाली यह गैस, जिसे कार्बोनिक अम्ल [47] कहते हैं सब चूना-पत्थरों में प्रचुर मात्रा में होती है। सब तरह की खड़ियाओं, सीपियों, शंखों, कोरलों आदि में भी यह विचित्र गैस बड़ी मात्रा में होती है। इन पत्थरों में यह आबद्ध रूप में हे और डाक्टर बैक ने इसे 'आबद्ध हवा' कहा है। खड़िया और संगमरमर' जैसे बंधे (ठोस) पदार्थों में मिलने के कारण उन्होने इसे यह नाम दिया है, क्योंकि इस रूप में उसके गैसीय गुण लुप्त हो जाते हैं। इनमें यह एक ठोस रूप ग्रहण कर लेती है। हम यह गैस संगमरमर से सरलता से प्राप्त कर सकते हैं। देखिये, इस जार में म्यूरिआटिक अम्ल है और यह एक पतली मोमबत्ती, मैं इस जार में डाल रहा हूँ। यह जार में सामान्य हवा की उपस्थिति प्रदर्शित करेगी। आप देख रहे हैं शुद्ध हवा जार की तली तक मौजूद है, पूरा जार इससे भरा है। देखिये यह बहुत सुन्दर और अच्छे प्रकार का संगमरमर है। यदि मैं इसके कुछ टुकड़े जार में डाल दूँ तो उबाल-सा आने लगता है। लेकिन इससे भाप नहीं, कोई गैस उठ रही है। यदि अब मैं प्रकाश-बत्ती से परीक्षण करुँ, तो इस पर बिल्कुल वही प्रभाव होगा जो प्रज्वलित प्रकाश-बत्ती के ऊपर रखी गई चिमनी से निकलने वाली गैस से मिला था। यह बिल्कुल वैसी ही क्रिया है और उसी पदार्थ के कारण है जो प्रकाश-बत्ती ने उत्पन्न किया था। इस विधि से हम प्रचुर मात्रा में कार्बोनिक अम्ल प्राप्त कर सकते हैं- देखिये यह जार इससे लगभग भर गया है। हम यह भी जानते हैं कि यह गैस केवल संगमरमर में ही सीमित नहीं है। इस बर्तन में मैने कुछ साधारण सफेदी-(खड़िया) ली है। इसे पहले पानी से धोकर इसके मोटे कण हटा दिये हैं। ऐसी ही

सफेदी की आपूर्ति पलस्तर करने वालों को की जाती है। यह एक बड़ा जार है जिसमें सफेदी और पानी है। यह सांद्र सल्फ्यूरिक अम्ल है, जिसका उपयोग आपको इन प्रयोगों में करना होगा। चूना-पत्थर के साथ इस अम्ल के उपयोग से निर्मित पदार्थ अघुलनशील है, जबकि म्यूरिआटिक अम्ल घुलनशील पदार्थ बनाता है (जो पानी को अधिक गाढ़ा नहीं करता)। आप यह जानना चाहेंगे कि इस प्रयोग के लिये मैं ऐसा उपकरण क्यों ले रहा हूँ। मैं यह इसलिये कर रहा हूँ कि जो प्रयोग मैं इस बड़े उपकरण द्वारा दिखा रहा हूँ, आप उसे छोटे पैमाने पर दोहरा सकें। इसमें ठीक उसी प्रकार की क्रिया होगी। इस बड़े जार में मैं कार्बोनिक अम्ल उत्सर्जित कर रहा हूँ। इसकी प्रकृति और गुण वही हैं, जो वातावरण में प्रज्वलित प्रकाश-बत्ती से प्राप्त गैस के थे। अंततः आप देखेंगे कि कार्बोनिक अम्ल बनाने



चित्र - 30

की विधियों में भिन्नता के बावजूद यह सदा समान होता है।

अब हम इस गैस से संबंधित अगले प्रयोग की ओर बढ़ेंगे। इसकी प्रकृति कैसी है? यह इस अम्ल से भरा एक बर्तन है। हम ज्वाला द्वारा इसकी परीक्षा करेंगे, (जो हमने अन्य गैसों में भी की थी)। आप देख रहे हैं, यह ज्वलनशील नहीं है, न ही यह ज्वलन में सहायक है। हम जानते हैं कि यह पानी में अधिक नहीं घुलता, क्योंकि हम इसे पानी के ऊपर सरलता से एकत्रित कर सकते हैं। आप यह भी जानते हैं कि यह चूने के पानी को प्रभावित करता है, जो इसके संपर्क से सफेद हो जाता है और इस क्रिया द्वारा यह चूने के कार्बोनेट (कैल्शियम कार्बोनेट) या चूना-पत्थर का एक संघटक बन जाता है।

अगली जो बात मुझे बतानी चाहिये, वह यह है: यह अम्ल पानी में बहुत कम घुलता है, इस दृष्टि से यह ऑक्सीजन और हाइड्रोजन से असमान हैं। मेरे पास यह उपकरण है, जिसमें हम इसका घोल बना सकते हैं। उपकरण के निचले भाग में संगमरमर और ऊपरी भाग में ठंडा पानी है। इसमें वाल्वों की ऐसी व्यवस्था है कि गैस एक भाग से दूसरे में जा सकती है। अब मैं क्रिया आरम्भ करता हूँ। आप पानी में गैस के बुलबले ऊपर उठते देखेंगे। ऐसा रात भर होता रहा है और इस समय तक यह पदार्थ इसमें घुल चुका है। यदि मैं एक गिलास से इसका कुछ पानी निकाल लूँ तो चखने पर इसका स्वाद कुछ अम्लीय महसूस होगा। इसमें कार्बोनिक अम्ल व्याप्त है। परीक्षण के लिये चूने का पानी डालने पर, यह उसे गंदला और सफेद बना देता है, जिससे इस अम्ल की उपस्थिति प्रमाणित होती है। यह बहुत वजनी गैस है और वातावरण से अधिक भारी है। इस तालिका के निचले भाग में मैंने इसका तुलनात्मक भार (अन्य गैसों के भार के साथ) दिया है।

	पाइंट	घनफुट
हाइड्रोजन	3/4 ग्रेन	1/12 आउंस
ऑक्सीजन	119/104/3	
हवा	107/106/5	
कार्बोनिक अम्ल	49/3	19/10

इसके एक पाइंट का भार 49/3 ग्रेन और एक घनफुट का 19/10 आउंस (लगभग 2 आउंस) है। आप अनेक प्रयोगों से यह देख सकते हैं कि यह एक भारी गैस है। यदि मैं केवल हवा से भरा गिलास लूँ और कार्बोनिक अम्ल से भरे बर्तन से इसका कुछ भाग गिलास में डालने का प्रयत्न करूँ, तो मैं केवल देखकर यह नहीं कह पाऊँगा कि यह इसमें पहुँचा अथवा नहीं, लेकिन इस प्रकार यह बता सकता हूँ {छोटी प्रकाश-बत्ती गिलास में डालते हुए}, हाँ, यह यहाँ विद्यमान है। मैं यदि इसका परीक्षण चूने के पानी से करूँ, तो भी यह यहाँ मिलनी चाहिये। मैं यह छोटी बाल्टी कार्बोनिक अम्ल के कुंए में डाल रहा हूँ। यदि इसमें यह अम्ल है, तो अब तक यह बाल्टी में भर गया होगा। इसका परीक्षण हम इस छोटी प्रकाश-बत्ती से करेंगे। हाँ, यह यहाँ विद्यमान है, यह कार्बोनिक अम्ल से भरी है।

मैं एक अन्य प्रयोग द्वारा इसका भार प्रदर्शित करुँगा। देखिये यह जार तुला के एक सिरे पर लटका है- तुला अब संतुलित है। लेकिन जब मैं इस जार में (जिसमें अब तक हवा थी) कार्बोनिक अम्ल डालता हूँ, तुला तुरन्त इस ओर झुक जाती है, अत: यह स्पष्ट पता चलता है कि कार्बोनिक अम्ल इसमें गिरा है। यदि अब मैं छोटी मोमबत्ती से परीक्षण करूँ तो देखूँगा कि इसकी प्रज्वलन-सहायक क्षमता अब लुप्त हो चुकी है।

यदि मैं फूँक कर साबुन का एक बुलबुला निर्मित करूँ

(जिसमें हवा भरी हो) और इसे कार्बोनिक अम्ल के इस जार में गिरा दूँ, तो यह इसमें तैरने लगेगा। लेकिन पहले मैं यह हवा से भरा गुब्बारा लूँगा। मैं जानता हूँ कि कार्बोनिक अम्ल कहाँ पर है। हम इसकी गहराई देखकर, इसकी सतह का अनुमान लगायेंगे। यह देखिये, थैली कार्बोनिक अम्ल पर तैर रही है। यदि मैं कुछ और कार्बोनिक अम्ल उत्सर्जित करूँ, तो यह ऊपर उठ जायेगी। जार अब लगभग पूरा भर गया है, और देखिये थैली किस प्रकार ऊपर उठ रही है। अब मैं देखूँगा कि क्या मैं इसके ऊपर साबुन का बुलबुला फूँक कर उसे भी इसी प्रकार तैरा सकता हूँ {व्याख्यानदाता ने साबनु का बुलबुला फुँक कर गिराया जो लगभग बीच में तैरने लगा।} यह भी गुब्बारे की तरह तैर रहा है, क्योंकि कार्बोनिक अम्ल हवा से भारी है। और अब कार्बोनिक अम्ल के इतिहास, इसके स्रोतों, भौतिक गुणों और भार आदि के संबंध में बात करने के बाद, अगली बार मैं बताऊँगा कि यह किस प्रकार संरचित है और इसे अपने तत्व कहाँ से प्राप्त होते हैं।

व्याख्यान VI

कार्बन और कोयला–कोयले की गैस–श्वसन तथा प्रकाश–बत्ती के ज्वलन से इसकी समानता–निष्कर्ष

व्याख्यान VI

एक महिला ने, जिन्होंने इन व्याख्यानों में उपस्थित रह कर मुझे सम्मानित किया है, यह दो जापानी प्रकाश-बत्तियाँ भेजकर मुझ पर और अनुग्रह किया है। मेरा अनुमान है कि यह उस पदार्थ से बनी हैं, जिसका उल्लेख मैंने पिछले व्याख्यान में किया था। देखिये यह फ्रांसिसी बत्तियों से भी अधिक सजावटी हैं और 'विलासिता वाली' बत्तियाँ प्रतीत होती हैं। इनमें एक विशेषता है- वह है, इनकी खोखली बत्तियाँ, वही विशेषता जो आरगंड ने अपने लैंप में इस्तेमाल कर, उसे अत्यंत उपयोगी बना दिया था। जिन व्यक्तियों को पूर्वी देशों से ऐसे उपहार प्राप्त होते हैं,उनसे मैं कहना चाहूँगा कि इन वस्तुओं में धीरे-धीरे कुछ परिवर्तन आ जाता है, जिससे इनकी सतह धुंधली और निर्जीव-सी दिखने लगती है। लेकिन इस सतह को साफ कपड़े या सिल्क के रूमाल से रगड़ कर उनके खुरदरेपन को चमका कर इनकी आरम्भिक सुन्दरता पुनः उजागर की जा सकती है। इससे उनके रंगों की सुंदरता वापस आ जायेगी। मैंने इनमें से एक को इस प्रकार साफ कर दिया है। आप इसकी तथा दूसरी बत्ती की (जिसे चमकाया नहीं गया है) भिन्नता देख सकते हैं। इस बात पर भी ध्यान दीजिये कि साँचों में ढली यह जापानी बत्तियाँ, संसार के इस भाग में बनने वाली बत्तियों से अधिक शंकुरूपी हैं। पिछली मुलाकात में मैंने आपको कार्बोनिक अम्ल के संबंध में बहुत कुछ बताया था। हमें पता चला था कि प्रकाश-बत्ती या लैंप से ऊपर उठने वाली वाष्प को बोतलों में एकत्रित कर, चूने के घोल (जिसे बनाने की विधि मैंने आपको समझाई थी और जो आप स्वयं बना सकते हैं) से परीक्षण करने पर सफेद अपारदर्शिता उत्पन्न हुई थी। यह वास्तव में सीपियों,

कोरलों, अनेक चट्टानों और धरती के खनिजों में मिलने वाले एक खटीमय (कैलकेरियस) पदार्थ के कारण थी। लेकिन मैंने आपको अब तक इस कार्बोनिक अम्ल का, जो प्रकाश-बत्तियों से मिलता है, पूरा रासायनिक इतिहास नहीं बताया है। अत: मैं इस विषय को पुन: आरम्भ करुँगा। हम उन उत्पादों को और उनकी प्रकृति देख चुके हैं जो प्रकाश-बत्ती से निकलते हैं। हम पानी के तत्वों से इसकी उत्पत्ति के बारे में जान चुके हैं और अब हमें यह देखना है कि कार्बोनिक अम्ल के तत्वों की आपूर्ति प्रकाश-बत्ती कहाँ से करती है। यह कुछ प्रयोगों द्वारा पता चल जायेगा। आपको याद होगा कि प्रकाश-बत्ती जब ठीक से नहीं जलती तो धुंआ देती है, लेकिन ठीक से जलने पर धुंआ नहीं होता। आप यह भी जानते हैं कि प्रकाश-बत्ती की चमक इस धुंए के कारण अथवा इसके दहन के कारण होती है। यह प्रयोग इसे सिद्ध करेगा । बत्ती की लौ में जब तक धुंआ रहता है और उसका दहन होता रहता है यह सुन्दर प्रकाश देती रहती है और काले कण उत्पन्न नहीं करती। मैं कुछ ऐसा ईंधन ले रहा हूँ, जो असंयत ज्वलन देता है। इसे मैं प्रकाशित करुँगा, तारपीन से भीगे स्पंज से हमारा काम चल जायेगा।आप इससे धुंआ उठते देख रहे है। यह बड़ी मात्रा में हवा में तैर रहा है। आप यह स्मरण रखिये कि प्रकाश-बत्ती से उत्पन्न होने वाला कार्बोनिक अम्ल इस धुँए से ही बनता है। यह और अधिक स्पष्ट करने के लिये मैं यह तारपीन, जो अभी स्पंज पर जल रही थी, इस फ्लास्क में डाल रहा हूँ, जिसमें वातावरण के सक्रिय भाग-ऑक्सीजन-की बड़ी मात्रा उपलब्ध है। अब आप देखेंगे कि सारा धुंआ इस्तेमाल हो जाता है। यह हमारे प्रयोग का पहला भाग है, अब अगला क्या होगा? जो कार्बन आपने तारपीन की लौ से हवा में उड़ता देखा, वह अब ऑक्सीजन में पूर्णत: जल गया है। हम देखेंगे कि इस अपरिष्कृत, अल्पकालिक प्रयोग से हमें वही निष्कर्ष प्राप्त होता है, जो

प्रकाश-बत्ती के ज्वलन से मिला था। मैं इस तरह का प्रयोग केवल इसलिये प्रस्तुत कर रहा हूँ कि अपने प्रदर्शन के विभिन्न चरणों को सरल रख सकूँ। आप ध्यान से देखेंगे तो संबंधित तर्कों की पूरी लड़ी एक साथ देख सकेंगे। वह सारा कार्बन जो हवा अथवा ऑक्सीजन में जल जाता है ,कार्बोनिक अम्ल के रूप में बाहर आता है, लेकिन इसके वह कण जो पूरी तरह जल नहीं पाते, कार्बोनिक अम्ल के अवयव कार्बन के रूप में प्राप्त होते हैं। इन्हीं के कारण पर्याप्त हवा की उपलब्धता की स्थिति में लौ इतनी चमकदार बन गई थी, लेकिन पर्याप्त ऑक्सीजन के अभाव में धुंआ स्वयं बहुत अधिक मात्रा में निष्कासित हुआ था।

मुझे आपको संयोजित कार्बन और ऑक्सीजन का इतिहास भी अधिक स्पष्ट रूप में बताना है। ये संयुक्त हो कर कार्बोनिक अम्ल बनाते हैं। आप अब यह पहले की अपेक्षा अधिक अच्छी तरह समझ पायेंगे। मैंने तीन-चार प्रयोग दृष्टान्त के रूप में चुने हैं। यह जार ऑक्सीजन से भरा है, और यह थोड़ा कार्बन है, जो इसलिये कुल्हिया (क्रूसिबिल) में रखा गया है कि इसे लाल-गर्म किया जा सके। मैं अपने जार को सूखा रखूँगा और कुछ हद तक अपूर्ण परिणाम प्रस्तुत करूँगा, ताकि प्रयोग चमकदार हो। अब मैं कार्बन और ऑक्सीजन का सम्पर्क करने वाला हूँ। यह वास्तव में कार्बन है (पिसा हुआ साधारण कोयला), यह आपको इसके जलने के ढंग से स्पष्ट हो जायेगा {लाल गर्म कोयले का कुछ भाग कुल्हिया से बाहर गिराते हुए}। अब हम इसे ऑक्सीजन गैस में जला रहे हैं और इस ज्वलन की भिन्नता की ओर ध्यान देंगे। दूर से देखने पर शायद आपको यह लगे कि यह लौ के रूप में जल रहा है, लेकिन ऐसा नहीं है। कोयले का प्रत्येक छोटा टुकड़ा एक चिनगारी के रूप में जल रहा है और इस प्रकार कार्बोनिक अम्ल बना रहा है। इन दो-तीन प्रयोगों से मैं आपको यह संकेत देना चाहता हूँ कि धीरे-धीरे

मैं अब किस विषय पर बात करुँगा, विषय यह है कि कार्बन लौ के रूप में नहीं, इसी प्रकार जलता है।

कार्बन के छोटे कणों को जलाने के बजाये मैं इसका एक टुकड़ा ले रहा हूँ। इससे आप इसकी शक्ल और माप पर (ज्वलन के) प्रभावों को अधिक निश्चयात्मक ढंग से देख सकेंगे। यह ऑक्सीजन का जार है, और यह कोयले का टुकडा जिसमें मैने एक लकड़ी का टुकड़ा बाँध दिया है। इसमें मैं आग लगा सकता हूँ और ज्वलन आरम्भ कर सकता हूँ (लकड़ी न होने पर मैं यह सरलता से नहीं कर पाता)। अब आप कोयले को जलता हुआ देख रहे हैं, लेकिन लौ के रूप में नहीं। यदि लौ उठ भी रही है तो यह अत्यन्त छोटी है। (जिसका कारण मुझे विदित है: यह कार्बन की सतह पर थोड़ा कार्बोनिक ऑक्साइड बनने के कारण है)। यह धीमी गति से कार्बन अथवा कोयले (ये दोनों लगभग समतुल्य शब्द हैं) और ऑक्सीजन के संयुक्तीकरण से कार्बोनिक अम्ल बनाते हुए निरंतर सुलग रहा है। यह देखिये, मेरे पास यह कोयले का दूसरा टुकड़ा, एक छाल का टुकड़ा है, जिसमें जलने पर विस्फोटित होकर, टुकड़े-टुकड़े हो जाने का गुण है। गर्मी के प्रभाव से हम कार्बन के इस टुकड़े को छोटे कणों में बदल देंगे, जो सब ओर उड़ेंगे। फिर भी प्रत्येक कण इसी विशिष्ट ढंग से जलेगा, यह कोयले के रूप में जलेगा, लौ के रूप में नहीं। आपको 'ज्वालाओं' की भीड़-सी दिखाई देगी, लेकिन कोई लौ नहीं। यह प्रदर्षित करने के लिये कि कार्बन चिंगारी के रूप में जलता है, मैं इससे बेहतर कोई दूसरा प्रयोग नहीं सोच सकता।

यहाँ पर कार्बोनिक अम्ल अपने तत्वों से बन रहा है। यह तुरन्त बन जाता है, और यदि इसका परीक्षण चूने के पानी से करें तो हम देखेंगे कि यह वही पदार्थ है, जिसका वर्णन मैं कर चुका हूँ। कार्बन के 6 भाग (वह चाहे प्रकाश-बत्ती की लौ

से प्राप्त हों या कोयले के चूर्ण से) और ऑक्सीजन के 16 भाग से हमें कार्बोनिक अम्ल के ^{22} भार प्राप्त होंगे। जैसा हमने पहले देखा था 22 भाग (भार) कार्बोनिक अम्ल और 28 भाग (भार) चूना संयुक्त होकर सामान्य चूने (कैल्शियम) का कार्बोनेट बनाते हैं। यदि आप शुक्तिकर्पर (आयस्टर-शेल) का परीक्षण करें और इसके अवयव भागों को तोलें तो प्रत्येक 50 भाग में कार्बन के 6 भाग, ऑक्सीजन के 16 और चूने के 28 भाग संयुक्त-रूप में मिलेंगे। लेकिन मैं इस विवरण की छोटी-छोटी बातों में आपको उलझाना नहीं चाहता। अब हम केवल विषय के मुख्य दर्शन की ही बात कर सकते हैं। देखिये कार्बन कितनी अच्छी तरह घुलता जा रहा है {ऑक्सीजन के जार में शान्तिपूर्वक जलते हुए कोयले की ओर संकेत करते हुए}। आप कह सकते हैं कि कोयला चारों ओर की हवा में धुल रहा है और यदि यह पूर्णत: शुद्ध कोयला होता (जो हम सरलता से बना सकते हैं) तो यह कोई भी अवशेष न छोड़ता। जब हम कार्बन का साफ और शुद्ध टुकड़ा जलाते हैं तो कोई राख नहीं बचती। कार्बन एक घने, ठोस पिंड के रूप में जलता है। केवल गर्मी इसके ठोस स्वरूप को नहीं बदल पाती फिर भी यह ऐसी वाष्प में बदल जाता है जो सामान्य परिस्थितियों में, कभी ठोस अथवा द्रव के रूप में संघनित नहीं होता। इससे भी विचित्र बात यह है कि ऑक्सीजन में इस प्रकार कार्बन के घुलने से, ऑक्सीजन का परिमाण नहीं बदलता। इसका जो परिमाण पहले था वहीं अंत में भी बना रहता है, केवल यह कार्बोनिक अम्ल हो जाता है। कार्बोनिक अम्ल की सामान्य प्रकृति से आपको पूरी तरह अवगत कराने के लिये मैं एक और प्रयोग आपके समक्ष प्रस्तुत करूँगा। कार्बन और ऑक्सीजन से निर्मित एक यौगिक होने के कारण, हमे इसके अवयवों को एक दूसरे से अलग कर पाना चाहिये। और हम ऐसा कर सकते हैं। हमने जो पानी से किया था वही कार्बोनिक अम्ल से भी कर सकते हैं, दो भागों का पृथकीकरण। इसकी सबसे

सरल और शीघ्र विधि वह होगी जिसमें इसकी क्रिया किसी ऐसे पदार्थ से की जाये जो ऑक्सीजन को आकर्षित कर ले और कार्बन को छोड़ दे। आपको याद होगा कि जब मैंने पुटैशियम को पानी में अथवा बर्फ पर डाला था तो आपने देखा था कि यह ऑक्सीजन को हाइड्रोजन से ग्रहण कर सकता है। आइये, अब हम कुछ ऐसा ही कार्बोनिक अम्ल के साथ करें। आप जानते हैं कि कार्बोनिक अम्ल बहुत भारी गैस है। मैं इसका परीक्षण चूने के पानी से नहीं करूँगा, क्योंकि वह बाद में हमारे प्रयोगों में बाधा उत्पन्न करेगा। लेकिन मेरा विचार है कि इसका भारीपन और लौ को बुझा देने की क्षमता, इसे पहचानने के लिये पर्याप्त है। मैं गैस के अंदर लौ प्रविष्ट करूँगा। आप देख सकते हैं, क्या यह बुझ जाती है? आपने देखा यह बुझ गई। शायद यह फॉस्फोरस के प्रज्वलन को भी बुझा दे। आपको विदित है यह ज्वलन अत्यंत शक्तिशाली होता है। देखिये ये फॉस्फोरस का एक टुकड़ा है, जिसे ऊँचे तापक्रम तक गर्म किया गया है। मैं इसे इस गैस में प्रविष्ट करता हूँ – आप देख रहे हैं, यह बुझ गया। लेकिन हवा में यह पुनः आग पकड़ लेगा। अब मैं पुटैशियम का एक टुकड़ा लूँगा, यह पदार्थ सामान्य तापक्रम पर भी कार्बोनिक अम्ल के साथ क्रिया करता है। हमारे वर्तमान उद्देश्य के लिये यह क्रिया प्रर्याप्त नहीं हो पाती, क्योंकि बहुत शीघ्र पुटैशियम पर एक रक्षक आवरण चढ़ जाता है। यदि हम इसे हवा में ज्वलन-बिन्दु तक गर्म करें (जो हम कर सकते हैं, और फॉस्फोरस के उदाहरण में किया था) तो देखेंगे कि यह कार्बोनिक अम्ल में जल सकता है। इस ज्वलन-प्रक्रिया में यह कार्बोनिक अम्ल की ऑक्सीजन ले लेगा। आप अब यह देखेंगे कि अवशेष क्या बचता है। अब मैं कार्बोनिक अम्ल में ऑक्सीजन का अस्तित्व प्रमाणित करने के लिये, पुटैशियम को इसमें जला रहा हूँ {गर्म करने की आरम्भिक क्रिया में पुटैशियम का विस्फोट हो गया}। कभी-कभी हमें

पुटैशियम का अनुपयुक्त टुकड़ा मिल जाता है, जो जलने पर फट जाता है या इस प्रकार कुछ अन्य क्रिया प्रदर्शित करता है। मैं दूसरा टुकड़ा ले रहा हूँ। अब यह गर्म हो चुका है और मैं इसे जार में प्रविष्ट कर रहा हूँ। आप देख सकते हैं कि यह कार्बोनिक अम्ल में जलता रहता है, यद्यपि हवा की भाँति बहुत ठीक से नहीं। यह इसलिये कि कार्बोनिक अम्ल में ऑक्सीजन संयुक्त रूप में है। फिर भी यह जलता है और इसकी ऑक्सीजन ग्रहण कर लेता है। अब आप देखेंगे कि यदि इस पुटैशियम को पानी में डाल दूँ, तो पुटाश (इसकी ओर ध्यान देना आपके लिये विशेष आवश्यक नहीं है) के अतिरिक्त कार्बन की बड़ी मात्रा भी उत्पादित हुई है। यह प्रयोग मैंने बहुत स्थूल रूप में दिखाया है, लेकिन मैं विश्वास दिलाता हूँ कि यदि मैं इसे सावधानीपूर्वक पाँच मिनट की जगह दिन भर का समय लेकर करूँ, तो हमें इस चम्मच में (या उस स्थान पर जहाँ पुटैशियम को जलाया जाये) उपयुकत मात्रा में अवशिष्ट कोयला प्राप्त होगा। इस प्रकार, परिणाम के विषय में कोई भी संशय शेष नहीं रहेगा। यह कार्बोनिक अम्ल से प्राप्त कार्बन है, जो सामान्य कार्बन जैसा काला पदार्थ है। इस प्रकार कार्बोनिक अम्ल की प्रकृति पूरी तरह प्रमाणित हो गयी। आप जान गये कि इस अम्ल में कार्बन और ऑक्सीजन विद्यमान होते है। अब मैं बताऊँगा कि कार्बन सामान्य परिस्थितियों मे जलने पर सदा कार्बोनिक अम्ल उत्पन्न करता है।

किसी बोतल में, लकड़ी का यह टुकड़ा चूने के पानी और हवा के साथ, चाहे जितनी देर तक हिलाया जाये, पानी बिल्कुल साफ बना रहता है। लेकिन यदि, पहले मैं इसे बोतल में उपस्थित हवा में जलने दूँ, तो जैसा आप जानते हैं, मुझे पानी प्राप्त होगा। क्या मुझे कार्बोनिक अम्ल भी प्राप्त होगा? {प्रयोग किया गया}। यह देखिये चूने का कार्बोनेट (कैल्शियम कार्बोनेट) जो कार्बोनिक अम्ल से उत्पन्न हुआ। यह अम्ल उस कार्बन से

बनता है जो लकड़ी से, प्रकाश-बत्ती से या किसी और वस्तु से मिलता है। वास्तव में आप स्वयं एक प्रयोग प्रायः करते रहते हैं, जिससे लकड़ी में कार्बन का अस्तित्व पता चलता है। यदि लकड़ी का एक टुकड़ा लेकर इसे अंशतः जलायें और फिर बुझा दें, तो कार्बन बच जाता है। लेकिन अनेक वस्तुएं इस प्रकार कार्बन का अस्तित्व प्रदर्शित नहीं करतीं, प्रकाश-बत्ती इसे प्रदर्शित नहीं करती, लेकिन उसमें कार्बन है। इस जार में कोयले की गैस है, जो बहुत प्रचुर मात्रा में कार्बोनिक अम्ल बनाती है। कार्बन इसमें दिखाई नहीं देता लेकिन बहुत शीघ्र हम इसे दिखा सकते हैं। मैं इसे जलाऊँगा और जब तक जार में गैस है, यह जलती रहेगी। कार्बन आप को दिखाई नहीं देता, लेकिन आप लौ देख सकते हैं। क्योंकि यह चमकदार है, आप अनुमान लगा सकते हैं कि इस लौ में कार्बन मौजूद है। लेकिन मैं आपको यह एक दूसरे तरीके से दिखाऊँगा। इसी गैस की कुछ मात्रा मेरे पास इस दूसरे बर्तन में है। मैं इसे एक ऐसे पदार्थ के साथ मिला रहा हूँ, जो हाइड्रोजन को जला देगा, पर कार्बन को नहीं। मैं इन्हें इस पतली मोमबत्ती से जला रहा हूँ। आप देख सकते हैं कि इसकी हाइड्रोजन जल कर समाप्त हो गई है, लेकिन कार्बन नहीं, यह घने काले धुएं के रूप में बच गया है। मुझे आशा है कि इन तीन-चार प्रयोगों से आप कार्बन की उपस्थिति की परख करना सीख गये होंगे और यह भी समझ गये होंगे कि जब गैस अथवा अन्य वस्तुएं हवा में ठीक से जलाई जाती है तो कौन से पदार्थ उत्पादित होते हैं।

इस विषय को समाप्त करने से पहले हम कुछ और प्रयोग तथा सामान्य ज्वलन के संबंध में कुछ और बात करेंगे। मैंने यह दिखाया कि कार्बन केवल एक ठोस पदार्थ के रूप में जलता है, लेकिन आप यह समझते हैं कि जलने के बाद यह ठोस नहीं रहता। ऐसे बहुत कम दूसरे ईंधन है जिनमें यह गुण है। कार्बनिक-समूह, कोयला, चारकोल और लकड़ी आदि ही

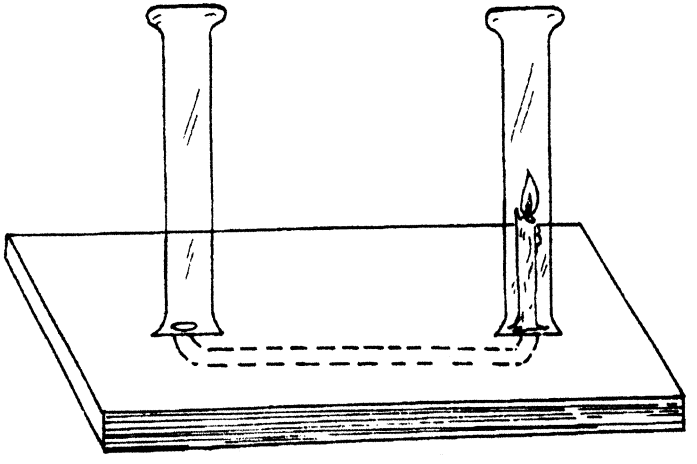
वास्तव में ईंधन का एक बड़ा स्रोत हैं। कार्बन के अतिरिक्त मैं किसी भी ऐसे तात्विक पदार्थ को नहीं जानता जो इसकी तरह जलता हो। यदि यह न होता तो हमारा क्या होता? उस स्थिति की कल्पना कीजिये जिसमें सब ईंधन लोहे की भांति होते जो जलने पर ठोस ही बने रहते। यदि ऐसा होता तो हमें ऐसा प्रज्वलन न मिल पाता जैसा इस अंगीठी में मिल रहा है।

देखिये, यह एक दूसरे प्रकार का ईंधन है, यह भी बहुत अच्छी तरह जलता है। कार्बन ही की तरह या उससे भी बेहतर। देखिये, वास्तव में यह हवा में लाये जाने पर स्वयं जल उठता है। {सीसे के पायरो-फॉस्फोरस* का एक ट्यूब तोड़ते हुए} यह पदार्थ सीसा (लेड [48]) है, देखिये इसकी ज्वलनशीलता कितनी विचित्र है। यह (छोटे-छोटे कणों में) बहुत अधिक विभाजित है, अंगीठी में कोयलों के ढेर की तरह, हवा इनकी सतह पर और इनके अंदर भी प्रवेश पा सकती है, इसलिये यह जलता है। लेकिन यह अब क्यों नहीं जलता, जब एक ढेर के रूप में पड़ा है {ट्यूब का पदार्थ लोहे की तश्तरी में एक ढेर के रूप में डाला गया}। केवल इसलिये कि हवा इसमें अंदर नहीं पहुँच पाती। यद्यपि, यह बहुत अधिक ताप उत्पन्न कर सकता है, वह ताप जो हमें अपनी भट्टियों और बॉयलरों में चाहिये, वह इससे नहीं मिलता। कारण यह है कि ताप इसके उस भाग

---

* सीसे का पायरोफॉस्फेट प्राप्त करने के लिये इस धातु के टार्टरेट को काँच के विशेष प्रकार के ट्यूब में (जिसका एक सिरा बंद और दूसरा पतली नोक के रूप में होता है) उस समय तक गर्म किया जाता है जब तक इससे वाष्प उत्सर्जित होती है। क्रिया के बाद, ट्यूब का खुला सिरा (आग में) फूँक कर सील कर दिया जाता है। जब इसे तोड़कर, अंदर का पदार्थ हिला कर बाहर की हवा में लाया जाता है, यह लाल दमक के साथ जलता है।

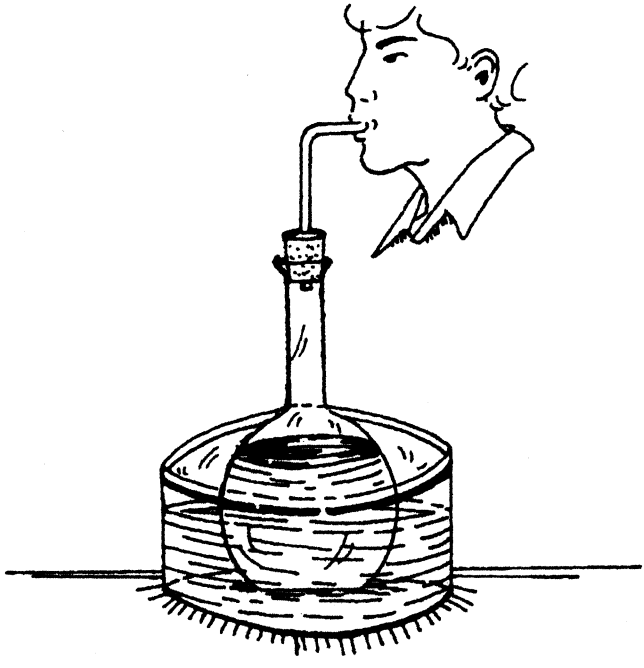
से बाहर नहीं आ पाता, जो अनजला बच जाता है, साथ ही यह इसका संम्पर्क हवा से नहीं होने देता, अत: इसका इस्तेमाल नहीं हो पाता। यह कार्बन से कितना भिन्न है। कार्बन भी सीसे की तरह ही जलता है और भट्टियों में (या जहाँ कहीं हम इसे जलाना चाहें) बहुत अधिक ताप उत्पन्न करता है, लेकिन कार्बन का ज्वलन-उत्पाद (कार्बोनिक अम्ल) तुरन्त लुप्त हो जाता है और अवशिष्ट कार्बन स्वच्छ बना रहता है। मैंने आपको दिखाया था कि कार्बन किस प्रकार बिना राख छोड़े हवा में घुल गया था। लेकिन यहाँ {पायरोफॉस्फोरस के ढेर की ओर संकेत करते हुए} ईंधन की अपेक्षा राख अधिक बनती है, क्योंकि ऑक्सीजन से संयुक्त होकर यह उसके भार के अनुरूप अधिक भारी हो जाती है। इस प्रकार आप कार्बन, सीसे और लोहे की भिन्नता देख सकते हैं। ईंधन के रूप में- ताप अथवा प्रकाश के लिये- उपयोग करने पर लोहे से आश्चर्यजनक परिणाम मिलते हैं।



चित्र -32

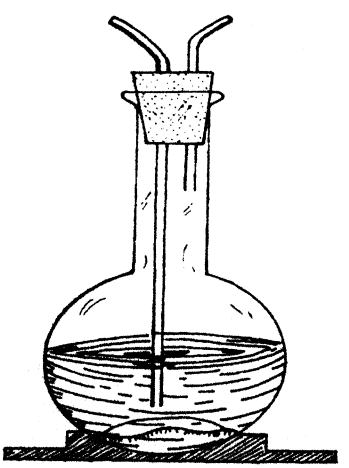
कार्बन जलाने पर फॉस्फोरस की भाँति, उत्पादित ठोस कण पूरे कमरे को एक अपारदर्शक पदार्थ से भर देंगे, लेकिन कार्बन के जलने पर सब कुछ वातावरण में चला जाता है। ज्वलन से पहले इसका एक निश्चित अपरिवर्तनीय रूप होता है, लेकिन बाद में यह गैस बन जाता है और इसे ठोस या द्रव के रूप में प्राप्त करना बहुत कठिन है (यद्यपि हम सफल हुए हैं)।

अब मैं आपको अपने विषय के अत्यंत रोचक भाग की ओर ले चल रहा हूँ-- यह है प्रकाश-बत्ती के ज्वलन और जीवन से जुड़े ज्वलन का संबंध। हम सब में ज्वलन की एक जीवित-प्रक्रिया चलती रहती है जो प्रकाश-बत्ती के ज्वलन के



चित्र -33

बहुत समान है। मैं यह बात आपको स्पष्ट करने का प्रयास करूँगा। जीवन और प्रकाश-बत्ती का नाता केवल काव्य की बात नहीं है, यदि आप ध्यानपूर्वक सुनेंगे तो मैं आपको इनकी समानता स्पष्ट कर सकूँगा। इस उद्देश्य से मैंने एक उपकरण की परिकल्पना की है, जो हम शीघ्रता से आपके समक्ष यहाँ बना सकते है। देखिये, यह एक तख्ता है जिसमें एक खाँचा कटा है। खाँचे का ऊपरी भाग मैं एक ढक्कन से बंद कर सकता हूँ तथा इसके अंदर काँच की नली डालकर इसे एक ऐसी वाहिका का रूप दे सकता हूँ जिसके दोनों सिरों पर राह खुली है। अब मैं एक छोटी बत्ती अथवा 'प्रकाश-बत्ती' (अब हम इस शब्द का प्रयोग अधिक स्वतंत्रतापूर्वक कर सकते हैं क्योंकि हम इसका आशय जानते है) लाकर इसे एक नली में रख रहा हूँ। आप देखेंगे यह भलीभाँति जलती रहती है। ध्यान दीजिये कि वह हवा जो बत्ती को जीवित रखती है, वाहिका के एक छोर से प्रवेश कर, इसके समतल भाग से होती हुई, दूसरे छोर से ऊपर उठ आती है, जहाँ बत्ती रखी है। यदि मैं वह छेद बंद कर दूँ,

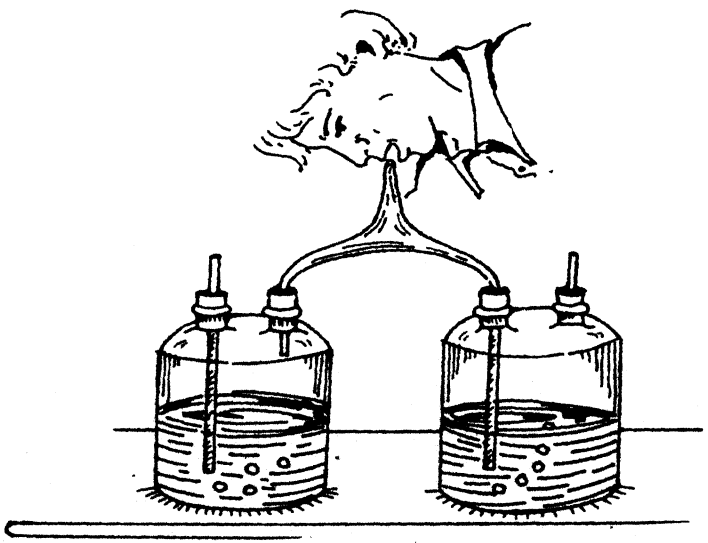


चित्र -34

जिससे हवा प्रवेश करती है, तो (जैसा आप सोच सकते है) ज्वलन रुक जायेगा। मैं हवा की आपूर्ति रोक देता हूँ, अत: मोमबत्ती बुझ जाती है। लेकिन इस तथ्य के विषय में आपका क्या विचार है? एक पिछले प्रयोग में मैंने एक प्रज्वलित बत्ती की हवा दूसरी के पास भेजी थी। यदि मैं ऐसी बत्ती की हवा किसी जटिल व्यवस्था से इस वाहिका में पहुंचाऊँ तो यह प्रज्वलित बत्ती बुझा दूँगा। लेकिन यदि मैं कहूँ कि मेरी सांस भी इसे बुझा देगी, तो आप क्या कहेंगे? मेरा आशय यह बिल्कुल नहीं है कि मैं इसे फूंक कर बुझा दूँगा, बल्कि यह कि मेरी साँस की प्रकृति ही ऐसी है जो बत्ती को जलने नहीं देगी। अब मैं इस छेद पर मुख रखकर (लौ पर फूँक मारे बिना) केवल वही हवा प्रविष्ट होने दूँगा जो मेरे मुख से निकलती है। आप इसका परिणाम देखिये। मैंने बत्ती फूँक कर नहीं बुझाई, केवल अपनी साँस की बाहर आने वाली हवा छेद से भेज दी। परिणाम यह हुआ कि बत्ती बुझ गई, यह और किसी कारण नहीं, ऑक्सीजन की कमी से बुझी। किसी ने, वास्तव में मेरे फेफड़ों ने, हवा से ऑक्सीजन ले ली, और इस की आपूर्ति बत्ती को नहीं हो पाई। इस बात पर ध्यान देना आवश्यक है कि मेरे मुख से भेजी गयी 'खराब हवा' को बत्ती तक पहुँचने में कुछ समय लगता है। आरम्भ में यह जलती रहती है, लेकिन जब बत्ती तक यह हवा पहुँच जाती है, यह बुझ जाती है। अब मैं आपको एक दूसरा प्रयोग दिखाऊँगा। यह हमारे दर्शन का एक महत्वपूर्ण भाग है। देखिये, इस जार में ताजी हवा भरी है, यह बात आप इसमें प्रकाश-बत्ती या गैस जलाकर देख सकते हैं। कुछ समय के लिये मैं इसे बंद कर देता हूँ, ताकि एक नली की सहायता से मैं अपने मुख से इसमें साँस ले सकूँ। इसकी हवा को पानी के ऊपर, तथा डाट को कसकर बंद रखकर (जैसा आप देख रहे हैं), मैं इसे अपने फेफड़ों में ले जाकर, पुन: जार में वापस डाल सकता हूँ। अब हम इसका परीक्षण कर परिणाम जान सकते हैं। आप

ध्यान से देखिये, पहले मैं हवा अंदर लेता हूँ और फिर इसे वापस फेंक देता हूँ, यह पानी के उठने और गिरने से स्पष्ट है। और अब आप एक पतली प्रकाश-बत्ती द्वारा इस हवा की दशा जान सकते है -- देखिये यह बुझ गई। केवल एक अंत:श्वसन ने ही इस हवा को पूर्णत: खराब कर दिया, अत: इसमें पुन: साँस लेना निरर्थक है। अब आप निर्धन वर्ग के घरों की व्यवस्था में पर्याप्त वायु-संचार न होने के कारण उनकी अनुपयुक्तता समझ सकते हैं। इससे बार-बार उसी हवा में साँस लेते रहने के कारण यह अशुद्ध हो जाती है। आपने देखा कि केवल एक श्वसन से ही हवा कितनी 'खराब' हो जाती है, अत: आप ताजी हवा की अनिवार्यता भलीभाँति समझ सकते हैं।

इस बात को और आगे बढ़ाने के लिये आइये देखें कि चूने के पानी से क्या होता है। देखिये यह एक गोलक है जिसमें चूने का पानी भरा है। इसमें नलियों की ऐसी व्यवस्था है, जिससे



चि -35

अंदर की हवा में पहुँचा जा सकता है, और हम श्वसन से पहले और बाद में इसका प्रभाव देख सकते हैं। मैं साँस। से बाहर की शुद्ध हवा खींच कर या फेफड़ों की श्वसन क्रिया में इसका उपयोग कर इसे चूने के पानी में भेज सकता हूँ। नली B से मैं अपने फेफड़ों से शक्तिपूर्वक हवा निकाल कर उसे तली पर पहुँचा सकता हूँ और चूने के पानी पर इसका प्रभाव देख सकता हूँ। आप देखेंगे कि मैं बाहर की हवा चाहे जितनी देर तक चूने के पानी में प्रवाहित करुँ (और बाद में इसे फेफड़ों में ले जाऊँ) चूने के पानी पर इसका कोई प्रभाव नहीं होता, यह इसे गंदला नहीं बनाती। लेकिन जब मैं अपने फेफड़ों की हवा लगातार कई बार फूँकता हूँ तो देखिये, यह पानी कैसा सफेद और दूधिया होने लगता है। इस प्रकार यह प्रयोग इस पर बाहर छोड़ी गई साँस का प्रभाव दिखाता है। अब आप यह समझ गये हैं, कि जो वातावरण हमने साँस लेकर 'खराब' किया है वह कार्बोनिक अम्ल के कारण है, जैसा आप चूने के पानी के सम्पर्क से स्पष्ट देख रहे हैं।

मेरे पास यह दो बोतलें हैं एक में चूने का पानी है तथा दूसरे में साधारण पानी। इनके अंदर कुछ नलियाँ लगी हैं जिनसे यह जुड़ी हैं। यह उपकरण बहुत स्थूल, लेकिन बहुत उपयोगी है। यदि मैं इसमें एक ओर से साँस अंदर लूँ और दूसरी ओर उसे बाहर फेंकूँ, तो नलियों की व्यवस्था हवा को वापस नहीं लौटने देगी। अंदर आने वाली हवा मेरे मुख और फेफड़ों में जायेगी और बाहर निकलते समय यह चूने के पानी में से हो कर निकलेगी। इस प्रकार मैं बार-बार साँस लेकर प्रयोग को परिष्कश्त और निष्कषपूर्ण बना सकता हूँ। ध्यान से देखने पर पता चलेगा कि 'अच्छी' हवा का चूने के पानी पर कोई प्रभाव नहीं होता। दूसरी बोतल में मेरी साँस के अतिरिक्त और कुछ भी नहीं पहुँचा है - आप इन दोनों का अंतर देखिये। अब हम और आगे बढ़ेंगे। यह कैसी प्रक्रिया है जो हमारे अंदर चल रही है, जिसके

बिना हमारा काम पल भर भी नहीं चल पाता, दिन हो या रात। सब वस्तुओं के निर्माता [49] भगवान ने ऐसी व्यवस्था की है कि इसका संचालन हमारी इच्छा पर निर्भर नही है। यदि हम अपनी साँस रोक लें (जो हम कुछ सीमा तक कर सकते हैं) तो हम स्वयं अपना विनाश कर लेंगे। जब हम सोते हैं तब भी हमारे श्वसन-अंग अपना कार्य करते रहते हैं। यह प्रक्रिया, हमारे फेफड़ों से हवा का सम्पर्क, हमारे जीवन के लिये अनिवार्य है। मैं अत्यन्त संक्षेप में बताऊँगा कि यह प्रक्रिया है क्या। हम भोजन लेते है, यह हमारे शरीर की विचित्र वाहिनियों और अंगों से होता हुआ निकाय के विभिन्न भागों में, विशेषत: पाचन अंगों में पहुँचता है। यहाँ यह परिवर्तित होकर, दूसरे प्रकार की वहिनियों से फेफड़ों मे से गुज़रता है, साथ ही (वहिनियों के अन्य सेट से) श्वसन-प्रक्रिया द्वारा हम हवा फेफड़ों के अन्दर खींचकर बाहर फेंकते रहते हैं। इस प्रकार भोजन और हवा, केवल एक बहुत पतली सतह से पृथक रहते हुए, निकट सम्पर्क में आते हैं और हवा रक्त पर क्रिया करती है। इस प्रक्रिया से ठीक उसी प्रकार का परिणाम मिलता है, जो प्रकाशबत्ती के उदाहरण में मिला था। प्रकाश-बत्ती हवा के एक भाग से संयुक्त होकर कार्बोनिक अम्ल और ताप उत्सर्जित करती है, फेफड़ो में भी यही विचित्र परिवर्तन होता है। प्रविष्ट हवा कार्बन से संयुक्त होकर (यह कार्बन मुक्त रूप में न होकर, तुरन्त-क्रिया के लिये तैयार रूप में होता है) कार्बोनिक अम्ल बनाती है। इस विशिष्ट परिणाम में हम भोजन को ही ईंधन मान सकते हैं। उदाहरणस्वरूप, मैं चीनी का एक टुकड़ा ले रहा हूँ , जिससे मेरा उद्देश्य पूरा हो जायेगा। यह प्रकाश-बत्ती के समान कार्बन, हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का यौगिक है, क्योंकि इसमें वही तत्व विद्यमान हैं यद्यपि उसी अनुपात में नही। इनका अनुपात तालिका में दिया गया है:

चीनी		
कार्बन	72	
हाइड्रोजन	11	99
ऑक्सीजन	88	

यह विचित्र बात है कि, ऑक्सीजन और हाइड्रोजन के ठीक यही अनुपात पानी में होते है। अत: यह कहा जा सकता है कि चीनी, 72 भाग, कार्बन और 99 भाग पानी का यौगिक है। इसका कार्बन ऑक्सीजन से संयुक्त होता है, जो उस हवा में उपस्थित है, जिसे हम श्वसन-प्रक्रिया से ग्रहण करते हैं। इस प्रकार हमारी तुलना प्रकाश-बत्ती से की जा सकती है। इन क्रियाओं से ताप के अतिरिक्त हमें वह विचित्र परिणाम प्राप्त होते हैं, जो हमारे निकाय को (जीवित) बनाये रखते हैं। इसे और अधिक स्पष्ट बनाने के लिये मैं कुछ चीनी अथवा (शीघ्र-क्रिया के लिये) इसकी चाशनी ले रहा हूँ, जिसमें लगभग तीन चौथाई भाग चीनी और थोड़ा पानी है। यदि मैं इस पर थोड़ा विट्रिऔल का तेल [50] डाल दूँ, तो यह इसका पानी खींच लेगा, और कार्बन एक काले ढेर के रूप में बच रहेगा। {व्याख्यानदाता ने दोनों को एक साथ मिलाया।} देखिये, कार्बन किस प्रकार बाहर आ रहा है, बहुत शीघ्र हमें इसका एक ठोस ढेर प्राप्त हो जायेगा, आप जानते हैं चीनी भोजन है, और यहाँ यह कार्बन का ढेर बन गया है। चीनी में इसकी उपस्थिति की कल्पना आपने शायद पहले न की हो। यदि मैं इसके कार्बन का आक्सीकरण करूँ तो और अधिक स्पष्ट परिणाम प्राप्त होगा। देखिये यह चीनी है और यह एक आक्सीकारक है, वातावरण की अपेक्षा अधिक शीघ्रता से क्रिया करने वाला। अब हम इस ईधन का ऐसी प्रक्रिया से आक्सीकरण करेंगे जो श्वसन प्रक्रिया से भिन्न है (यद्यपि केवल इसका रूप भिन्न है वर्ग नहीं)। मैं यह क्रिया आरम्भ करता हूँ और आप तुरन्त चीनी का 'ज्वलन'

देखेंगे। यही प्रक्रिया मेरे फेफड़ों में भी होती है, लेकिन यहाँ ऑक्सीजन एक भिन्न स्रोत, अर्थात वातावरण से मिलती है। प्रस्तुत उदाहरण में यह प्रक्रिया अत्यंत शीघ्र होती है।

यह जान कर कि कार्बन के इस विचित्र खेल का प्रभाव क्या होता है आपको आश्चर्य होगा। प्रकाशबत्ती चार, पाँच, छः या सात घंटे तक जलती है। यह वातावरण में प्रतिदिन कितना कार्बोनिक अम्ल उत्पन्न करती होगी। हम सबमें प्रत्येक व्यक्ति कार्बन की कितनी मात्रा ज्वलन अथवा साँस द्वारा इसमें छोड़ रहा होगा। इन प्रक्रियाओं से कार्बन में निरंतर कितना आश्चर्यजनक परिवर्तन होता रहता है। चौबीस घंटो में, एक व्यक्ति द्वारा कार्बोनिक अम्ल में परिवर्तित होने वाले कार्बन की मात्रा 7 आउंस तक होती है। एक गाय 70 आउंस तथा घोड़ा 79 आउंस कार्बन, केवल अपनी श्वसन प्रक्रिया से कार्बोनिक अम्ल में बदल देता है। इसका अर्थ है कि घोड़ा 24 घंटो में उन्नीस आउंस कोयला या कार्बन अपने श्वसनागों में जलाता है, और इससे वह स्वयं को आवश्यक ताप की आपूर्ति करता है। सब गर्म रक्त वाले जन्तु इसी प्रकार कार्बन जलाकर ताप उत्पन्न करते हैं। यह कार्बन मुक्त अवस्था में न होकर संयुक्त अवस्था में होता है। इससे हमें वातावरण में घटने वाले परिवर्तनों की कितनी विचित्र जानकारी मिलती है, जिसके अनुसार 5,00,000 पाउंड अथवा 548 टन कार्बोनिक अम्ल इसे श्वास द्वारा, केवल लंदन ही में 24 घंटों में मिलता है। यह सब चला कहाँ जाता है? ऊपर हवा में। यदि कार्बन सीसे की तरह होता (जिसे मैंने आपको दिखाया था) या लोहे की तरह, जो जल कर ठोस पदार्थ बनाते हैं, तो क्या होता? ज्वलन यों निरन्तर चल न पाता। कोयला जलकर वाष्प बन जाता है और वातावरण में चला जाता है, वातावरण इसे बहुत बड़ा वाहक बन कर सब स्थानों पर फैलाता है। फिर इसका क्या होता है? यह जानकारी कितनी विचित्र है: श्वास द्वारा जो परिवर्तन हवा में होता है, वह हमारे लिये हानिकारक है (क्योंकि इसका हम दोबारा साँस के लिये उपयोग नही कर सकते) पर वह पृथ्वी के पौध

ों और वनस्पतियों के जीवन के लिये सहायक है। यह बात पानी के अंदर मछलियों तथा अन्य जन्तुओं पर भी लागू होती है, क्योंकि वह भी इसी सिद्धान्त के अनुसार साँस लेते हैं, यद्यपि हवा से सम्पर्क द्वारा नहीं।

ऐसी मछली जैसी मेरे पास यहाँ है {गोल्डफिश [51] एक गोलक की ओर संकेत करते हुए}, उस ऑक्सीजन में साँस लेती हैं, जो पानी में घुली हवा में है, और कार्बोनिक अम्ल बनाती हैं। यह सब मिलकर एक बड़े क्रियाकलाप में भाग लेती हैं- जन्तु-जगत एवं वनस्पति जगत को एक दूसरे पर आश्रित बनाना। पृथ्वी पर उगने वाले समस्त पौधे जिनमें से कुछ मैं उदाहरणस्वरूप दिखा रहा हूँ, कार्बन अवशोषित करते हैं, यह पत्तियाँ अपना कार्बन वातावरण के उस कार्बोनिक अम्ल से ग्रहण करती हैं जो हम उसे देते हैं, और यह बढ़ और पनप रही हैं। शुद्ध हवा में, जो हमें चाहिये, ये जीवित नहीं रह पायेंगी, लेकिन अन्य पदार्थों के साथ उन्हें कार्बन देते रहिये-वह जीवित और प्रसन्न बनी रहेंगी। इस लकड़ी के टुकड़े को अपना सारा कार्बन उसी प्रकार मिलता है, जैसे पेड़ों को, और पौधों को यह वातावरण से प्राप्त होता है। आप देख चुके हैं कि वातावरण वह गैस अपने अंदर ले लेता है जो हमारे लिये "खराब" है, लेकिन इनके लिये "अच्छी" है- जो एक के लिये "रोग" (हानिकारक) है वह दूसरे के लिये "स्वास्थ्य"। इस प्रकार हम न केवल अपने सहजन्तुओं, बल्कि सहजीवियों पर निर्भर हैं, प्रकृति एक साथ ऐसे नियमों में बंधी है, जो कि इसके एक भाग को दूसरे के लिये सहायक बनाते हैं।

बात समाप्त करने से पहले मैं एक अन्य छोटी सी बात कहना चाहूँगा। यह इन सब क्रियाकलापों से संबद्ध है। विचित्र बात यह है कि यह हमारे विषयों, ऑक्सीजन, हाइड्रोजन, कार्बन और उनकी विभिन्न अवस्थाओं से जुड़ी है। मैंने अभी आपको सीसे का चूर्ण दिखाया, जिसे मैंने आपके समक्ष जलाया था। आपने

देखा कि जैसे ही यह ईधन हवा में लाया गया इसने क्रिया की, बोतल से बाहर आने से पहले ही, हवा जैसे ही इसके अंदर पहुँची, इसने क्रिया दिखाई। वास्तव में इन सब प्रक्रियाओं के पीछे रासायनिक आकर्षण (युयुक्षा) की बात है। साँस में यही प्रक्रिया हमारे अंदर होती है। जब हम प्रकाश-बत्ती जलाते है, विभिन्न वस्तुओं का आपसी आकर्षण ही प्रक्रिया को संचालित करता है। यही सीसे के उदाहरण में भी क्रियाशील है, और रासायनिक आकर्षण का बहुत अच्छा दृष्टांत है। यदि इसके प्रज्वलनउत्पाद सतह से ऊपर उठ जाते तो सीसा आग पकड़कर जलता रहता। लेकिन आपको कोयले और सीसे की यह भिन्नता याद होगी: सीसे के उदाहरण में, हवा की प्रचुरता की दशा में, क्रिया तुरन्त आरम्भ हो जाती है, कार्बन अनेक दिनों, सप्ताहों, महीनों या वर्षों तक ज्यों का त्यों बना रहता है। हरक्यूलेनियम की पांडुलिपियाँ कार्बनमय स्याही से 1800 वर्षों से भी पहले लिखी गयीं थीं। वह आज भी वातावरण से अप्रभावित हैं, यद्यपि हवा से इनका संपर्क अनेकों प्रकार की परिस्थितियों में हुआ होगा। वह तथ्य क्या है जो कार्बन और सीसे की इस भिन्नता का कारण है? यह बात विशेष ध्यान देने योग्य है: ईधन के रूप में उपयोगी वस्तु में क्रिया की ''प्रतीक्षा'' इनका विचित्र तथा विशिष्ट गुण है। प्रकाश-बत्ती, उदाहरणस्वरूप वे जापानी बत्तियाँ सीसे की तरह तुरन्त क्रिया आरम्भ नहीं करतीं (बारीक चूर्ण के रूप में विभाजित लोहा भी इस दृष्टि से, सीसे जैसा ही होता है)। यह वर्षों तक, शायद युगों तक अपरिवर्तित बनी रहती हैं। यहाँ मेरे पास कुछ कोयले की गैस उपलब्ध है। इस जेट से गैस निकल रही है,लेकिन देखिये यह आग नही पकड रही।यह हवा में बाहर आ रही है, लेकिन ज्वलन से पहले यह उस समय तक प्रतीक्षा करती है जब तक यह पर्याप्त गर्म नहीं की जाती। यदि मैं इसे आवश्यकतानुसार पर्याप्त गर्म करूँ तो यह आग पकड लेती है। यदि फूंक मार कर इसे बुझा दूँ, तो बाहर आने वाली गैस पुनः उस समय तक प्रतीक्षा करती है, जब तक इसे दोबारा जलाया जाये। वस्तुओं

की यह भिनता एक विचित्र तथ्य है। कुछ चीजें जलने से पहले यह प्रतीक्षा क्यों करती हैं कि उनका ताप-क्रम थोडा बढाया जाये? कुछ अन्य उस समय तक नही जलती, जब तक वह काफी अधिक तापक्रम तक नहीं पहुचंती।

देखिये, मेरे पास यह थोड़ा बारूद और यह बारूदी रूई है, इन दोनों की ज्वलन परिस्थितियों में भी भिन्नता है। बारूद में कार्बन तथा ऐसे अन्य पदार्थ हैं जो इसे अत्यंत ज्वलनशील बनाते हैं और बारूदी रूई एक अन्य, ज्वलनशील सम्पाक है। यह दोनों 'प्रतीक्षा' करते हैं लेकिन यह ताप की भिन्न अवस्थाओं में क्रिया आरम्भ कर देंगे। इनमें गर्म तार से छू कर हम यह देखेंगे कि इनमें से कौन पहले क्रिया आरम्भ करता है {बारूदी रूई को गर्म लोहे से छूते हुए}। देखिये, यह दग गया, लेकिन तार का सर्वाधिक गर्म भाग भी बारूद को जलाने के लिये पर्याप्त नहीं है। यह प्रयोग कितनी सुन्दरता से वस्तुओं को जलाने में ताप-मात्रा की भिन्न आवश्यकता प्रदर्शित करता है। इस स्थिति में, जलने से पहले वस्तु कितने ही समय तक यह प्रतीक्षा करेगी, कि सबंद्ध पदार्थ ताप द्वारा क्रियाशील बनाये जायें। लेकिन दूसरी में, अर्थात साँस-प्रक्रिया में, यह कोई प्रतीक्षा नही करती। हवा जैसे ही फेफड़ों में पहुँचती है, कार्बन से संयोजित हो जाती है। यह क्रिया ऐसे कम तापक्रम पर भी चलती रहती है जो शरीर के लिये सहनीय है और उसका हिमीकरण नही होने लगता। यह तुरन्त आरम्भ होकर साँस का कार्बोनिक अम्ल बनाती है; और इस तरह सब कुछ उचित और उपयुक्त ढंग से चलता रहता है। इस प्रकार, श्वास और दहन-प्रक्रिया की अनुरूपता और अधिक सुन्दर और आश्चर्यजनक प्रतीत होती है।

इस व्याख्यान शृंखला के अंत में (कभी न कभी हम अंत पर आ ही जाते हैं) मैं यह कामना व्यक्त करना चाहता हूँ कि आप की पीढ़ी प्रकाश-बत्ती के सदृश बने, अपने चारो और फैली

बत्तियों की तरह आप भी चमकें और सम्मानजनक कार्यों तथा सहमानवों के प्रति अपने कर्तव्यों का कुशल पालन कर इस चमक को सार्थक बनायें।

व्याख्यात्मक टिप्पणियाँ

(1) दर्शन-शास्त्र आम तौर पर परम-वास्तविकता तथा विचारण, ज्ञान तथा सत्य के प्राथमिक सिद्धान्तों के अध्ययन से संबंधित है। 'दर्शन' शब्द सर्वप्रथम ग्रीस के दर्शन-शास्त्री तथा धार्मिक नेता पाइथागोरस (ईसा-पूर्व छठवीं सदी) ने प्रयुक्त किया। ग्रीस में इसका अर्थ 'बौद्धिकता से प्यार' समझा जाता है। वैज्ञानिक-ज्ञान के विकास और संकलन के साथ यह पृथक-पृथक शाखाओं में विभक्त हो गया।

(2) यहाँ 'दर्शानुसार', 'दर्शन-शास्त्री' तथा 'प्राकृतिक दर्शन' का अर्थ, क्रमशः 'विज्ञानानुसार', 'वैज्ञानिक', तथा 'विज्ञान एवं प्राद्योगिकी' लेना चाहिये।

(3) मशाली लकड़ी (कैन्डिल वुड) आम तौर पर किसी भी ऐसी रालपूर्ण लकड़ी को कहते हैं जो मशालों के लिये, या प्रकाश-बत्तियों के स्थान पर इस्तेमाल होती है। लेकिन आयरलैंड के दलदलों से प्राप्त होने वाली 'मशाली लकड़ी' का अर्थ है अत्याधिक कार्बनिक मिट्टी (या पाँस) जिसमें सड़ी हुई वनस्पतियों की प्रचुरता होती है।

(4) डेवी-लैंप एक विशेष प्रकार का सुरक्षित लैंप है। पहले इसका उपयोग खनिकों द्वारा होता था इसका नाम अपने आविष्कारक सर हम्फ्री डेवी के नाम पर पड़ा है।

(5) जोसेफ लुई गे-ल्यूसैक्स (1778-1850) फ्रांस के एक रसायन-एवं भौतिक-शास्त्री थे इन्होंने बोरोन तत्व (1808) तथा इस सिद्धान्त की खोज की,कि गैसें अपने आयतनों के सरल अनुपात में संयोजित होती हैं।

(6) स्टीयरिन ग्लिसरॉल और स्टीयरिक अम्ल $[(C_3H_5(C_{18}H_{35}O_2)_3]$ का एस्टर है। स्टीयरिन का अपरिष्कृत व्यापारिक रूप ही, मुख्यत: प्रकाश-बत्तियों के लिये इस्तेमाल होता है।

(7) अनबुझा चूना (क्विक लाइम) कैल्शियम आक्साइड ;ब्ब्द्ध का दूसरा नाम है। रासायनिक उद्योगों में इसका विस्तृत उपयोग होता है। अनबुझे चूने में पानी मिलाने पर बुझा हुआ चूना (स्लेक्ड लाइम) बनता है $[Cao + H_2o®Ca((OH)_2]$। बुझे हुए चूने को पानी में मिला कर हिलाने पर चूने का दूध (मिल्क आफ लाइम) प्राप्त होता है।

(8) ग्लिसरीन अथवा ग्लिसरॉल एक रंगहीन, शर्बत जैसा, स्वाद में मीठा, तरल पदार्थ है। यह सभी वनस्पति तथा जन्तु-तेलों एवं वसाओं में, पामिटिक, स्टीयरिक तथा ओलीक अम्ल के एस्टरों के रूप में विद्यमान होता है।

(9) लेखक यहाँ स्पर्मासेटिक-व्हेल को स्पर्म-व्हेल कह रहा है। स्पर्म.व्हेल बड़े दाँतों वाली व्हेल, है-18 मीटर लंबी! स्पर्म व्हेल के शीश से एक विशेष प्रकार का, 'स्पर्मासेटी' नामक मोम बड़ी मात्रा में मिलता है यह बात ध्यान देने योग्य है कि शीशकोटर और डालफिनों तथा सूँसों से प्राप्त होने वाले तेल से मिलने वाले मोम को भी

स्पर्मासेटी कहते है। स्पर्मासेटी का उपयोग मरहमों, सौन्दर्य प्रसाधनों अच्छी प्रकाश-बत्तियों तथा कपड़े के परिष्करण आदि के लिये होता है।

(10) पैराफीन संतृप्त हाइड्रोकार्बन हैं। इनका मुख्य स्रोत खनिज तेल अथवा पेट्रोलियम है। 'पैराफीन' एक लैटिन शब्द है, जिसका अर्थ है आकर्षणहीनता अथवा निश्क्रियता।

(11) रासायनिक रंगों से लेखक का अर्थ संश्लेषित रंगों से है।

(12) कैम्फीन एक रंगहीन, रवेदार पदार्थ है, और पानी में अघुलनशील है। रासायनिक तौर पर यह संतृप्त चक्रीय हाइड्रोकार्बन हैं। यह तारपीन में तथा अन्य तेलों में मिलता है और इसका उपयोग मुख्यत: संश्लेषित कपूर बनाने में होता है।

(13) स्नैपड्रैगन के खेल में, स्नैपड्रैगन के फूल, अन्य अवयवों के साथ जलाये जाते हैं। सर्वाधिक विस्तृत रूप से उगाई जाने वाली इसकी प्रजाति सजावटी स्नैपड्रैगन की है। यह 30-80 सेन्टीमीटर ऊँची होती है और इसमें चमकीले रंगों वाले दो मुँहे नालिकाकार फूल लगते हैं, जिनका दल पुंज (कोरोला) अजगर के मुख के समान होता है।

(14) आरगंड लैंप (बर्नर) एक विशेष प्रकार का गैस अथवा तेल से जलने वाला बर्नर है जिसमें हवा बेलनाकार बत्ती के अंदर प्रविश्ट हो कर, लौ और ईंधन के सम्पर्क को विस्तृत क्षेत्र प्रदान करती है।

(15) तारपीन अनेक तेलीय रालों में से एक है, जो विशेष तौर पर शंकुवृक्ष की लंबी पत्तियों वाली प्रजाति *पाइनस पालूस्ट्रिस* से प्राप्त होती हैं आसवन द्वारा इससे वाष्पशील तेल तथा राल प्राप्त होते हैं।

(16) बारूद पुटैशियम नाइट्रेट (शोरा), गंधक, और चारकोल के चूर्ण का विस्फोटक मिश्रण है। इसका आविष्कार कई शताब्दियों पहले चीनवासियों ने किया था। इंग्लैंड में इसका वर्णन रोजर बेकन (1214-1292) ने किया। आजकल बारूद का उपयोग युद्धों में नहीं होता, इसका स्थान अधिक सुरक्षित और शक्तिशाली विस्फोटकों ने ले लिया है, लेकिन बारूद आतिशबाजी में अब भी इस्तेमाल होता है।

(17) पैन्टोमाइम बच्चों के लिये अत्यन्त सुन्दर नाटकीय तमाशे होते हैं। इंग्लैंड में यह प्राय: क्रिसमस के आस-पास देखने को मिलते हैं। यद्यपि 'पैन्टोमाइम' शब्द का उपयोग कई प्रकार के विशिष्ट नाटकीय प्रदर्शनो के लिये किया जाता है उदाहरणत: मूकाभिनय, अट्ठारवी सदी के पौराणिक अथवा काल्पनिक कथाओं पर आधारित बैले आदि, बच्चों के पैन्टोमाइमों में लोकप्रिय गीत, कलाबाजी और अन्य कौशलपूर्ण प्रदर्शन सम्मिलित होते हैं। अनेक पैन्टोमाइम प्रसिद्ध परी-कथाओं पर आधारित होती हैं जिनमें सिंड्रेला और अलादीन जैसे चरित्र होते हैं।

(18) प्लैटिनम या श्वेत-स्वर्ण, चाँदी जैसी श्वेत धातु हैं इसका ज्ञान प्राचीन दक्षिण-अमेरिकी-इंडियनों को था। स्पेन-वासियों ने इसकी खोज की। उन्होंने इसे एक हीन-धातु

समझकर इसे 'प्लैटिनो' नाम दिया, जिसका अर्थ घटिया चाँदी होता है। सन् 1750 में इसका वैज्ञानिक अध्ययन किया गया और इसका वर्णन विस्तार से किया गया।

(19) हाइड्रोजन सबसे हल्का तत्व है। इसके लैटिन नाम *'हाईड्रोजिनियम'* की उत्पत्ति ग्रीक शब्दों *'हिड्र'* और *'जिनाओं'* से हुई, जिनका अर्थ जल-उत्पादक है। यह नाम एन्टोनी लॉरें लैवोयजियर (1743-1794) ने पानी की संरचना की जानकारी के बाद, प्रस्तावित किया। इसके लिये `H' चिन्ह जान्स जैकब बैरन बरज़ीलियस (1779-1848) ने प्रस्तावित किया।

(20) जब हाइड्रोजन के दो अणुओं का संयोजन ऑक्सीजन के एक अणु से होता है और इस प्रकार पानी के दो अणु निर्मित होते है $(2H_2+O_2 = 2H_2O)]$ तो 572 किलोजूल ऊर्जा वातावरण में निर्मुक्त होती है। ऊर्जा की प्रकृति क्रिया की विधि पर निर्भर होती है।

(21) फॉसफोरस की खोज हेनिंग ब्रान्ड नामक एक व्यापारी ने सन 1669 में की, जो बाद में कीमियागर (एलकेमिस्ट) बन गया। ब्रांड ने इसकी खोज उस समय संयोगवश की, जब वह दार्शनिकों के पत्थर (फिलासफर्स स्टोन) की तलाश कर रहा था। फॉस्फोरस चार अपरूपों (ऐलोट्रोपों) में मिलता है- श्वेत (8 और 9), लाल और काला। श्वेत फॉस्फोरस मोम जैसा ठोस पदार्थ होता है, जो हवा में अपने आप जल उठता है और इस प्रक्रिया से पेन्टऑक्साइड (P_2O_5) बनाता है।

(22) पुटैशियम क्लोरेट (KclO3)

(23) एन्टीमनी सल्फेट $Sb_2(So_4)_3$

(24) सल्फयूरिक अम्ल और पुटैशियम क्लोरेट की क्रिया से पुटैशियम-बाई-सल्फाइट, क्लोरीनडाईआक्साईड और पुटैशिमय-परक्लोरेट बनता है। क्लोरीनडाइआक्साईड एन्टीमनी सल्फेट को प्रज्वलित कर देती है।

(25) जस्ता (जिंक) मिश्रित नीले-श्वेत रंग की धातु है, जिसका ज्ञान भारत और मध्य-पूर्व में बहुत प्राचीन समय से है। युरोप में इसकी खोज सन 1746 में ए0एस0 मारग्राफ ने की। उसने 'मूल खनिज कैलामीन से जस्ता निकालने की विधियाँ' (मेथडस ऑफ ऐक्सट्रैक्शन ऑफ जिंक फ्रौम नेटिव मिनरल कैलामीन) नामक शोध पुस्तक लिखी। जिंक शब्द की उत्पत्ति लैटिन शब्द 'ल्यूकोमा' से हुई, जिसका अर्थ है श्वेत धब्बा।

(26) दार्शनिक-ऊन (फिलास्फिक-वुल) शब्द जिंक आक्साइड के लिये इस्तेमाल होता है, जो जस्ते को वातावरण में जलाने पर प्राप्त होता है। जिंक आक्साइड एक श्वेत चूर्ण है जो गर्म करने पर पीला हो जाता है। इसका उपयोग (औषधीय क्षेत्र में) मरहमों, मृत्तिका (सिरामिक) चमकाने और रबर उद्योग में पूरक के रूप में होता है।

(27) कोयला-गैस एक गैस है जिसमें मुख्यत: हाइड्रोजन (50%) और मीथेन (30%) होती है, इनके साथ-साथ कार्बनडाइआक्साईड (8%) तथा कुछ अन्य गैसें भी होती है। यह एक प्रक्रिया के दौरन उत्पन्न होती है, जिसमें कोयले (डिस्ट्रेक्टिव-डिस्टिलेशन) को एक बंद बर्तन में 1000^0 सेन्टीग्रेड पर गर्म किया जाता है।

(28) 'आग का गुब्बारा' एक प्रकार का प्रक्षेपक है जिसमें विस्फोटक और ज्वलनशील पदार्थ भरे होते हैं।

(29) सर हम्फ्री डेवी (1778-1829), ब्रिटेन के प्रसिद्ध रसायनशास्त्री थे। वह खनिको के सुरक्षा लैंप के आविष्कार के लिये प्रसिद्ध हैं, जिसका नाम उनके नाम पर पड़ा। डेवी ने वैद्युतीय-रसायन के क्षेत्र में महत्वपूर्ण योगदान दिये। उन्होंने छः तत्वों की खोज भी की। इनके नाम हैः पुटैशियम (1807), सोडियम (1807), कैल्शियम (1808), मैगनीशियम (1808) और स्ट्रोन्शियम (1808)। उन्होंने युवक फैराडे को रायल इंस्टीट्यूट में अपने सहायक के रूप में नियुक्त कर प्रोत्साहित किया।

(30) पुटैशियम हल्की तथा नरम, चॉदी-सी सफेद चमक वाली धातु है। यह हवा में जलती है और ऑक्सीजन से संयोजित होकर पुटैशियम-सुपर-ऑक्साइड बनाती है। पानी पर भी इसकी शक्तिशाली प्रक्रिया होती है, जिससे पानी के अणु से हाइड्रोजन निर्मुक्त होती है।

(31) पानी हाइड्रोजन और ऑक्सीजन का रासायनिक यौगिक है- जिनमें इनका भारीय अनुपात क्रमशः 1:8 है। किसी भी यौगिक की संरचना सदा एक ही होती है, चाहे वह किसी भी विधि से बनाया जाये।

(32) एक पाइंट 0.56823 लीटर के बराबर होता है।

(33) 'प्रोटीयन परिवर्तन' शब्दों का संबंध 'प्रोटीयस' नामक ग्रीस के समुद्री देवता से है, जिसमें भविष्यवाणियों की क्षमता थी। लेकिन वह अपनी जानकारी संचारित करने

से बचने के लिये, अपना रूप बदलता रहता था। पानी तापक्रमानुसार गैस, द्रव्य अथवा ठोस रूप ग्रहण कर सकता है।

(34) यहूदी धर्म के अनुसार, सप्ताह का सातवाँ दिन शनिवार, (मनुष्यों की भलाई के लिये) आराम का दिन मानने की आज्ञा दी गई थी और इसे सैबथ कहा जाता था। लेकिन जल्दी ही गिर्जाघरों ने इसका स्थान रविवार को दे दिया और इसे ईसा-मसीह के पुनर्जीवित हो उठने की स्मृति में ईसाईयों के लिये आराम और पूजा का दिन घोषित कर दिया।

(35) भिन्न धातुओं के गुण अत्यधिक भिन्न होते हैं। उदाहरणत: चाँदी में बिजली बड़ी सरलता से प्रवाहित होती है लेकिन टिटॅनियम इसका सशक्त अवरोधी है। इसकी विद्युतीय चालकता चाँदी की चालकता का 300 वाँ भाग है। लीथियम अत्यन्त सरलता से पानी पर तैर सकता है, लेकिन ऑस्मियम (समान माप के) पत्थर से भी तीव्र गति से तली पर पहुँच जायेगा। पारा शून्य तापक्रम से नीचे भी द्रव बना रहता है, लेकिन प्लैटिनम का द्रवीकरण बहुत कठिन है। स्वर्ण पानी में शताब्दियों तक अप्रभावित रहता है, लेकिन सोडियम पानी के सम्पर्क में आते ही जल उठता है।

(36) ग्रेन, भार-मापन के अधिकांश पैमानों में सबसे छोटी इकाई है। मूलत: इसका निर्धारण मोटे गेहूँ के दाने के अनुसार हुआ था।

(37) ताँबा और टिन का मिश्र-धातु काँसा मानव इतिहास में

बहुत लम्बे समय तक सर्वाधिक इस्तेमाल होने वाली धातु था। यह मानव सभ्यता के एक पूरे युग का द्योतक था, जिसे कांस्ययुग कहते है। ताँबा मिश्रित लाल और भूरे रंग की धातु है, रोमन युग में इसका मुख्य स्रोत साईप्रस द्वीप था और इसी आधार पर इसका नाम (कॉपर) पड़ा। ताँबा सरलता से अम्लों में घुल जाता है। नाइट्रिक अम्ल में धुलने पर यह लाल रंग की गैस नाइट्रोजन-डाइ-ऑक्साइड उत्सर्जित करता है।

(38) केवल पारा ही एक ऐसी धातु है जो प्रकृति में एक द्रव के रूप में मिलती है। इसे 'क्विक सिल्वर' भी कहा जाता है। ग्रीस के दर्शन शास्त्री और वैज्ञानिक ने इसे 'लिक्विड सिल्वर' और डायोसकोराइडस ने इसे 'सिल्वर वाटर' का नाम दिया। इससे ही पारे के लैटिन नाम *'हाइड्राजियम'* की उत्पत्ति हुई। पारा और इसके लवण जहरीले होते है और मानव शरीर से धीमी गति से निष्काशित होते हैं।

(39) लीडेन जार विद्युत-आवेश को एकत्रित करने की एक विधि है। यह मूलत: काँच का एक जार होता है, जिसकी लगभग दो-तिहाई ऊँचाई में बाहर और अंदर की ओर अस्तर चढ़ा होता है। इसका नाम हौलैंड के लीडेन नामक शहर पर पड़ा है, जहाँ इसका आविष्कार हुआ था।

(40) ऑक्सीजन की खोज जोसेफ ऐ. प्रीस्टले (1733-1804) ने सन 1774 में की थी। यह बात ध्यान देने योग्य है कि कार्ल विलहेल्म शील ने इसकी खोज प्रीस्टले से पहले की, लेकिन वह पुस्तक जिसमें उसने अपनी खोज का

वर्णन किया 1776 में प्रकाशित हुई। इसके नाम 'ऑक्सीजन' की उत्पत्ति ग्रीक शब्दों *'ऑक्सिस'* (अम्ल) और *'जेन'* (उत्पादक) से हुई। यह नाम इसे ए0 लैवौयजियर ने दिया, जिसने स्वयं इसकी खोज स्वतंत्र रूप से की।

(41) मैनगैनीज-डाइ-आक्साइड मिश्रित काले-भूरे रंग का ठोस पदार्थ है। यह मैनगैनीज का सर्वाधिक स्थाई यौगिक है, और भूपटल (पीरोल्यूसाइट) का सामान्य अवयव है। यह एक सस्ते ऑक्सीकारक के रूप में उद्योगों तथा प्रयोगशाला में इस्तेमाल किया जाता है।

(42) गंधक (सल्फर) की जानकारी मनुष्य को होमर के समय से है। कीमियागर इसे ज्वलनशीलता का तत्व और सब धातुओं का अवयव मानते थे। गंधक स्वयं एक तत्व है, इसका पता ए0 लैवौयजियर ने लगाया। लैटिन शब्द 'सल्फर' की उत्पत्ति स्पष्ट नहीं है। इसमें अच्छी ज्वलनशीलता मिलती है।

(43) नाइट्रोजन एक रंगहीन, गंधरहित गैस है। इसकी खोज डी0 रदरफोर्ड (1749-1819) ने 1772 में की। ए0 लैवौयजियर ने इसके नाम के लिये सन 1787 में 'एजोट' शब्द प्रस्तावित किया। यह फ्लौजिस्टिकेटेड, 'मेफिटिक' तथा 'करेप्टेड' हवा के नाम से भी जानी जाती थी। साँस लेने में तथा प्रज्वलन में सहायक न होने के कारण इसे जीवनहीन समझा जाता था। नाइट्रोजन के चिन्ह छ की उत्पत्ति लैटिन शब्द *नाइट्रोजीनियम* से हुई जिसका अर्थ है "शोरा बनाने वाली।"

(44) वह प्रक्रिया जिससे वनस्पतियाँ तथा कुछ कीटाणु कार्बन-डाइ-आक्साइड इस्तेमाल करते हैं प्रकाश-संश्लेषण (फोटोसिंथेसिस) कहलाती है। इसके लिये ऊर्जा की आपूर्ति हरे रंजक (पिगमेंट) द्वारा अवशोषित प्रकाश से होती है। इससे उत्पादित पदार्थ एक कार्बोहाइड्रेट (ग्लूकोज) होता है। इस प्रक्रिया के लिये आवश्यक हाइड्रोजन पानी से मिलती है और ऑक्सीजन एक अतिरिक्त उत्पाद के रूप में निर्मुक्त होती है।

(45) आउंस, भार मापने की एक इकाई है। ट्रौय भार (भार तोलने का एक पैमाना, जो मूल्यवान धातुओं तथा रत्नों आदि के लिये प्रयोग किया जाता है) में एक आउंस 1/12 पाउंड के बराबर होता है और ऐवॉयरडुपॉय भार (यह ब्रिटेन और अमेरिका में प्रचलित हैं ओर रत्नों, मूल्यवान धातुओं और औषधियों को छोडकर, अन्य वस्तुओं के लिये प्रयुक्त होते हैं) में एक आउंस 1/16 पाउंड (20.38 ग्राम) के बराबर होता है।

(46) चूने के पानी में कैल्शियम-हाइड्रौक्साइड, Ca(OH)2] होता है। यह अनबुझे चूने (CaO) और पानी की क्रिया से बनता है। कैल्शियम-हाइड्रौक्साइड अपेक्षाकृत पानी में अघुलनशील होता है, और यही उसकी सफेदी का कारण होता है। कार्बन-डाइ-आक्साइड कैल्शियम-हाइड्रोक्साइड पर क्रिया कर कैल्शियम कार्बोनेट बनाती है, जो एक अघुलनशील सफेद यौगिक है।

(47) लेखक ने कार्बन-डाइआक्साइड को कार्बोनिक-अम्ल कहा है। कार्बन-डाइआक्साइड को कार्बोनिक अम्ल गैस अथवा कार्बोनिक एनहाइड्राइड भी कहते हैं। सामान्यत:

कार्बोनिक अम्ल कार्बन-डाई-आक्साईड से भिन्न होता है और यह कार्बन-डाइऑक्साइड के अणु और पानी के अणु के संयोजन से बनता है ($Co_2 + H_2O = H_2 Co_3$)

(48) सीसा (लेड) मिश्रित धूसर-नीले रंग का धातु है, जो प्रागैतिहासिक काल से ज्ञात है। यह प्राय: सब जानते हैं कि हंसों ने रोम की रक्षा की थी लेकिन इस बात की जानकारी बहुत कम है कि रोम के विनाश का एक मुख्य कारण सीसा था। इसका कारण रोम के अभिजात वर्ग द्वारा सीसे से बनी तश्तरियों और सीसे के सौदंर्य-प्रसाधनों का उपयोग था। सीसा जहरीला पदार्थ है, और इसकी छोटी मात्राओं के नियमित प्रभाव के ही कारण रोम के कुलीन व्यक्तियो का औसत जीवन काल 25 वर्ष से अधिक नहीं था।

(49) लेखक 'ईश्वर' का उल्लेख कर रहा है।

(50) सल्फ्यूरिक अम्ल को विट्रिओल का तेल भी कहते है।

(51) गोल्डफिश, पूर्व-एशिया मूल की , ताजे पानी में पाई जाने वाली मछलियों की एक प्रजाति है (कैरेसियम ऑरेटस)। एक सजावटी मछली के रूप में इसका प्रवेश अब अन्य स्थानों में भी हो गया है। गोल्डफिश को अधिक-ऑक्सीजनयुक्त पानी की आवश्यकता होती है, और ठंडा पानी इसके लिये अधिक उपयुक्त है। यह सर्वभक्षी होती है।